

Ersetzt Teile von SIA 380/4:2006

Électricité dans les bâtiments – Éclairage: calcul et exigences

Elettricità negli edifici – Illuminazione: calcolo e requisiti

Elektrizität in Gebäuden – Beleuchtung: Berechnung und Anforderungen

565
387/4



Bitte beachten Sie die Korrigenda im Anhang.

Referenznummer
SN 565387/4:2017 de

Gültig ab: 2017-05-01

Herausgeber
Schweizerischer Ingenieur-
und Architektenverein
Postfach, CH-8027 Zürich



Bitte beachten Sie die Korrigenda im Anhang.

Der Übersichtlichkeit halber ist für Funktionsbezeichnungen immer die männliche Form gewählt. Die Aussagen gelten in gleicher Form auch für Funktionsträgerinnen.

Allfällige Korrekturen und Kommentare zur vorliegenden Publikation sind zu finden unter www.sia.ch/korrigenda.

Der SIA haftet nicht für Schäden, die durch die Anwendung der vorliegenden Publikation entstehen können.

2017-05 1. Auflage

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Vorwort	4
0 Geltungsbereich	5
0.1 Abgrenzung	5
0.2 Normative Verweisungen	5
1 Verständigung	6
1.1 Begriffe und Definitionen	6
1.2 Symbole, Begriffe und Einheiten	11
1.3 Indizes	12
1.4 Darstellung des Elektrizitätsbedarfs ...	13
2 Projektierung	14
2.1 Planungsteam	14
2.2 Vorgehen	14
3 Berechnung des Elektrizitätsbedarfs ..	16
3.1 Allgemeines	16
3.2 Berechnung der spezifischen Leistung	17
3.3 Berechnung der jährlichen Volllast- stunden (Methode 1)	20
3.4 Berechnung der Jahresenergie im Stundenschritt (Methode 2)	24
4 Anforderungen	29
4.1 Allgemeines	29
4.2 Einzelanforderungen	29
4.3 Systemanforderungen	30
Anhang	
A (informativ) Typische Grenz- und Zielwerte	32
B (informativ) Werte für bestehende Gebäude	35
C (informativ) Beispiele von Elektrizitäts- bilanzen	37
D (informativ) Publikationen	40
E (informativ) Verzeichnis der Begriffe ..	41

VORWORT

Die vorliegende Norm hat einen effizienten Einsatz von Elektrizität für Beleuchtung in Gebäuden zum Ziel. Sie liefert ein Verfahren zur Berechnung und Beurteilung des Elektrizitätsbedarfs für Beleuchtung in Neu- und Umbauten. Die Norm definiert die massgebenden Kennzahlen und legt die standardisierte Darstellung des Elektrizitätsbedarfs fest.

Die verschiedenen Einflussgrössen wie Leuchten-Lichtausbeute, Beleuchtungssteuerung, Fenstergrösse, Raumhelligkeit, Sonnenschutz usw. fliessen in das Berechnungsmodell ein und ermöglichen es dem Planer, den Energiebedarf für Beleuchtung effizient zu planen bzw. zu optimieren.

Die Norm richtet sich in erster Linie an das Planungsteam. Sie bietet der Bauherrschaft die Möglichkeit, den Planern klare Vorgaben für den Elektrizitätsbedarf zu machen.

Die Norm richtet sich aber auch an Eigentümer und Betreiber, indem sie ihnen erlaubt, den Elektrizitätsbedarf von Beleuchtungsanlagen zu überprüfen und zu bewerten, insbesondere im Hinblick auf eine Sanierung.

Die Beleuchtung ist ein komplexes Thema und die Planung und Umsetzung erfordert eine breite Erfahrung und Kompetenz. Mit der Inbetriebnahme soll die Einhaltung der gestellten Energie- und Qualitätsanforderungen (installierte Leistung, Beleuchtungssteuerungen, Beleuchtungsstärken, Blendung u.a.) überprüft werden. Da Beleuchtungsanlagen mit der Zeit altern und verschmutzen, ist eine regelmässige Wartung während der langjährigen Betriebszeit notwendig.

Die hier beschriebenen Berechnungsverfahren und die Kennzahlen für die Beurteilung der Energieeffizienz beziehen sich im Wesentlichen auf Anwendungen in Arbeitsstätten (Büro, Schule, Verkauf, Industrie, Spital usw.). Die notwendigen Kennwerte für Beleuchtungsstärke und Blendung korrespondieren mit der Norm SN EN 12464-1 (Beleuchtung von Arbeitsstätten). Vor allem im Bereich von Gesundheitseinrichtungen (z.B. Altersheime) existieren Richtlinien, die höhere Anforderungen verlangen. Diese können bei der Anwendung von SIA 387/4 als Spezialnutzungen geltend gemacht werden.

Die Norm enthält zwei verschiedene Berechnungsverfahren: eine Berechnung mittels Faktoren und Volllaststunden (Methode 1) sowie eine Berechnung in Stundenschritten, mit den entsprechenden betrieblichen sowie steuerungs- und regelungstechnischen Annahmen (Methode 2). Mit dem zweiten Verfahren wurde die Möglichkeit geschaffen, den Energiebedarf für die Beleuchtung in stündlicher Auflösung zu berechnen, um diesen bei der Gesamtenergiebilanz der Räume (als die thermische Bilanz beeinflussenden Wärmeeintrag) und der Gebäude (als Bestandteil des Elektrizitätsbedarfs) berücksichtigen zu können. Damit kann der Beleuchtungsnachweis mit dem stündlichen Verfahren erbracht werden, wenn dieses ohnehin für andere Nachweise und Optimierungen angewandt wird. Das ist gemäss SIA 380 generell für klimatisierte Bauten der Fall.

In der Norm werden Anforderungen in Form von Grenz- und Zielwerten gestellt. Diese beruhen auf dem technischen Stand im Jahr 2016. Die rapide Entwicklung der LED-Technik wird es nötig machen, die hier definierten Anforderungen in rund drei Jahren zu überprüfen und anzupassen.

In der Norm SIA 380/4:2006 wurden Anforderungen an den spezifischen Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung und für Lüftung/Klimatisierung gestellt, während die vorliegende Norm nur noch die Anforderungen für Beleuchtung behandelt. Berechnung und Anforderungen im Bereich Lüftung/Klima werden in den Normen SIA 382/1 und 382/2 beschrieben und festgelegt. Für die übrigen Elektrizitätsverbraucher steht neu das Merkblatt SIA 2056 *Elektrizität in Gebäuden – Energie- und Leistungsermittlung* zur Verfügung.

Kommission SIA 387/4

0 GELTUNGSBEREICH

0.1 Abgrenzung

- 0.1.1 Die vorliegende Norm befasst sich mit dem Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung in Gebäuden. Sie hat einen effizienten Einsatz der Elektrizität zum Ziel.
- 0.1.2 Diese Norm gilt für alle Hochbauten, welche elektrische Energie verbrauchen und eine künstliche Beleuchtung haben.
- 0.1.3 In Bauten und Gebäudeteilen, in denen mit einem grossen Anteil an älteren und sehbehinderten Menschen gerechnet werden muss (z.B. Alterszentren, Alterswohnungen, spezifische Schulen und Arbeitsstätten), reichen die Vorgaben dieser Norm (insbesondere die Tabellen 4 und 13) nicht aus, um die erhöhten Anforderungen bezüglich der zu erreichenden Lichtleistung und Blendungsbegrenzung zu erfüllen. Die zulässigen Grenz- und Zielwerte müssen objektbezogen festgelegt werden.
- 0.1.4 Die Norm kann auch zur Ermittlung der elektrischen Anschlussleistung für die Beleuchtung von Gebäuden verwendet werden.
- 0.1.5 Die vorliegende Norm gilt nicht für:
– die Berechnung des Elektrizitätsbedarfs für die Notbeleuchtung,
– die Beleuchtung von Wohnungen in Wohnhäusern und Heimen.
- 0.1.6 Die Notbeleuchtung ist nicht Bestandteil der Elektrizitätsbedarfsberechnung nach SIA 387/4.

0.2 Normative Verweisungen

Im Text dieser Norm wird auf die nachfolgend aufgeführten Publikationen verwiesen, die im Sinne der Verweisungen mitgelten. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe (bei SN EN einschliesslich aller Änderungen), bei datierten Verweisungen die entsprechende Ausgabe der betreffenden Publikation.

0.2.1 Publikationen des SIA

Norm SIA 108	Ordnung für Leistungen und Honorare der Ingenieurinnen und Ingenieure der Bereiche Gebäudetechnik, Maschinenbau und Elektrotechnik
Norm SIA 411	Modulare Darstellung der Gebäudetechnik
Merkblatt SIA 2024	Raumnutzungsdaten für die Energie- und Gebäudetechnik
Merkblatt SIA 2044	Klimatisierte Gebäude – Standard-Berechnungsverfahren für den Leistungs- und Energiebedarf

0.2.2 Europäische Normen

SN EN 12464-1	Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen
SN EN 12665	Licht und Beleuchtung – Grundlegende Begriffe und Kriterien für die Festlegung von Anforderungen an die Beleuchtung
SN EN 14500	Abschlüsse – Thermischer und visueller Komfort – Prüf- und Berechnungsverfahren
SN EN 15193	Energetische Bewertung von Gebäuden – Energetische Anforderungen an die Beleuchtung
SN EN 13363-1, -2	Sonnenschutzeinrichtungen in Kombination mit Verglasungen – Berechnung der Solarstrahlung und des Lichttransmissionsgrades – Teil 1: Vereinfachtes Verfahren Teil 2: Detailliertes Berechnungsverfahren

1 VERSTÄNDIGUNG

1.1 Begriffe und Definitionen

Für die Anwendung der vorliegenden Norm gelten die folgenden Begriffe und Definitionen. Diese Begriffe sind im Anhang E in alphabetischer Reihenfolge in drei Sprachen aufgelistet.

1.1.1 Allgemeine Definitionen

- | | | |
|---------|---|---|
| 1.1.1.1 | Geschossfläche
A_{GF}
m^2 | Die allseitig umschlossene und überdeckte Grundrissfläche der zugänglichen Geschosse. Sie setzt sich zusammen aus der Nettogeschossfläche und der Konstruktionsfläche. |
| 1.1.1.2 | Nettogeschossfläche
A_{NGF}
m^2 | Teil der Geschossfläche zwischen den umschliessenden oder innenliegenden Konstruktionsbauteilen. |
| 1.1.1.3 | Grenzwert
$E_{L,li}$ | Höchst- bzw. Mindestwert einer physikalischen Grösse, der mit dem heutigen Stand der Technik unter Einhaltung angemessener Komfort- und Arbeitsbedingungen gut erreichbar und wirtschaftlich vertretbar ist.

Grenzwerte sind bei Neubauten und beim Ersatz bestehender Anlagen einzuhalten. Bei Umbauten und beim Umbau bestehender Anlagen sind sie anzustreben. |
| 1.1.1.4 | Zielwert
$E_{L,ta}$ | Höchst- bzw. Mindestwert einer physikalischen Grösse, welcher mit der richtigen Kombination von energetisch guten Komponenten und Systemen unter Einhaltung angemessener Komfort- und Arbeitsbedingungen erreicht werden kann.

Zielwerte sind bei Neubauten und beim Ersatz bestehender Anlagen anzustreben. Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit sind von Fall zu Fall zu prüfen. |
| 1.1.1.5 | Vergleichsprojekt | Projekt, das zur Berechnung der Grenz- und Zielwerte für Beleuchtung dient. Im Vergleichsprojekt werden für die von den Planern nicht beeinflussbaren Parameter (Nutzung, Raumgrösse usw.) die projektspezifischen Werte eingesetzt; für die von den Planern beeinflussbaren Parameter (Glasanteil der Fassade, g -Wert, Reflexion an den Innenwänden usw.) werden Standardannahmen eingesetzt. |
| 1.1.1.6 | Projektwerte | Auf Grund der in dieser Norm angegebenen Methoden berechnete Verbrauchswerte. |
| 1.1.1.7 | Objektwerte | Am Objekt gemessene Verbrauchswerte. Sie gelten für die während der Messperiode bestehenden effektiven Nutzungs- und Klimabedingungen. |
| 1.1.1.8 | Nutzungsbedingungen | Betriebliche Anforderungen (Beleuchtungsstärke, Personenbelegung usw.), welche der Berechnung der Projektwerte und der Ziel- und Grenzwerte zu Grunde liegen. |

1.1.1.9	Nutzungsstunden t_u h	Zeitdauer pro Jahr, während welcher ein bestimmter Raum oder eine bestimmte Raumgruppe genutzt wird (Arbeitszeit, Öffnungszeit, Unterrichtszeit usw.). Zur Nutzungszeit zählt auch die Zeit, während welcher der Raum oder die Raumgruppe für die Reinigung belegt wird.
1.1.1.10	Raumgruppe	Gruppe von Räumen, welche in Bezug auf die Beleuchtung gleichartige Voraussetzungen haben (gleiche Grenz- und Zielwerte). Die Gruppierung der Räume kann je nach Verwendungszweck unterschiedlich sein.
1.1.1.11	Raumnutzung	Die Räume werden auf Grund ihrer vorherrschenden Nutzung einer von 43 Nutzungen gemäss SIA 2024 zugeteilt.
1.1.1.12	Standardnutzung	Raumnutzung (Standardwerte) gemäss SIA 2024.
1.1.1.13	Standardannahmen	Annahmen, die das Vergleichsprojekt definieren. Sie werden bei der Berechnung der Grenz- und Zielwerte anstelle der Projektwerte eingesetzt.
1.1.1.14	Elektrizitätsbedarf E MWh/a	Jährlicher Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung. Der Wert ergibt sich aus dem Produkt von installierter Leistung und Volllaststunden.
1.1.1.15	Spezifischer Elektrizitätsbedarf E_L kWh/m ²	Auf die Nettogeschossfläche bezogener jährlicher Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung. Der Wert ergibt sich aus dem Produkt von spezifischer Leistung und Volllaststunden.
1.1.1.16	Spezifische elektrische Leistung p_L W/m ²	Die über eine Viertelstunde gemittelte effektive Leistung bei Volllast, bezogen auf die Nettogeschossfläche für den Verwendungszweck Beleuchtung.
1.1.1.17	Elektrizitätsbilanz MWh	Nach Verwendungszwecken geordneter, jährlicher Elektrizitätsbedarf eines Gebäudes oder einer Anlage.
1.1.1.18	Volllaststunden t_L h	Energieäquivalente Betriebszeit pro Jahr bei Volllast für die Beleuchtung (t_L). Betrieb in Teillast wird gemäss dem Verhältnis der elektrischen Leistung in Teillast zur Leistung bei Volllast angerechnet.
1.1.1.19	Wirkungsgrad η	Verhältnis der von einem Gerät oder einer Anlage abgegebenen Leistung zur aufgenommenen Leistung.
1.1.1.20	Energie-Effizienz-Index EEI	Abweichung des Energieverbrauchs eines Gerätes oder einer Anlage in Bezug auf ein Referenzgerät mit einem $EEI = 1$. Findet Anwendung bei der EU-Energieverbrauchskennzeichnung (Energieetikette).
1.1.2	Definitionen für die Beleuchtung	
1.1.2.1	Beleuchtung	Beleuchtung von Innenräumen und Aussenzonen (Raumbeleuchtung, Dekorationsbeleuchtung, Sicherheits- und Notbeleuchtung, Aussenbeleuchtung usw.).
1.1.2.2	Beleuchtungsstärke E_v, E_{vm}, E_0 lx (Lux)	Die Beleuchtungsstärke E_v beschreibt die Menge des Lichtstroms, die auf eine Fläche trifft. Hinweise über die erforderliche Beleuchtungsstärke finden sich in den einschlägigen Normen (z.B. SN EN 12464-1).

		<p>Der Wartungswert der Beleuchtungsstärke E_{vm} ist der Wert, unter den die auf jedem Sehaufgabenbereich gemittelte Beleuchtungsstärke nicht sinken darf. Es handelt sich um die mittlere Beleuchtungsstärke zu dem Zeitpunkt, bei dem eine Wartung der Beleuchtungsanlage durchzuführen ist.</p> <p>Die Referenzbeleuchtungsstärke E_0 ist die gegenüber dem Wartungswert um einen nutzungsspezifischen Faktor k_0 erhöhte Beleuchtungsstärke; diese trägt dem erhöhten Bedarf durch Akzent- oder Zusatzbeleuchtung in bestimmten Nutzungen (z.B. Verkauf, Hotelzimmer, Empfang, Restaurant) Rechnung.</p>
1.1.2.3	<p>Lichtstrom Φ_V lm (Lumen)</p>	<p>Die mit der relativen spektralen Hellempfindlichkeit des Auges bewertete, von einer Lichtquelle abgegebene Lichtmenge.</p>
1.1.2.4	<p>Leuchten-Lichtausbeute $\eta_{v,Lo}$ lm/W</p>	<p>Verhältnis des gesamten Lichtstroms einer Leuchte, mit den zugehörigen Leuchtmitteln und Betriebsgeräten, zur aufgenommenen elektrischen Leistung, gemessen unter normierten Bedingungen.</p>
1.1.2.5	<p>Raumindex k_R</p>	<p>Aus der Geometrie des Raumteils zwischen Bewertungsebene und Leuchtenebene abgeleitete numerische Kennziffer für die Berechnung des Raumwirkungsgrades. Der Raumindex ist gegeben durch die Beziehung</p> $k_R = \frac{l_R \cdot d_R}{h_L \cdot (l_R + d_R)}$ <p>l_R Raumlänge d_R Raumtiefe h_L Höhe des Lichtpunktes über der Bewertungsebene</p> <p>Die Höhe der Bewertungsebene h_v ist 0,75 m für Büros, Schulzimmer und ähnliche Nutzungen und 0,05 m für Verkehrs- und Sportflächen. Der Projektwert des Raumindexes ist wegen der Höhe der Leuchten abhängig vom eingesetzten Leuchtentyp.</p>
1.1.2.6	<p>Raumwirkungsgrad η_R</p>	<p>Verhältnis des von der Bewertungsebene empfangenen Lichtstroms zur Summe der Gesamtlichtströme der einzelnen Leuchten einer Beleuchtungsanlage.</p>
1.1.2.7	<p>Lichtreflexionsgrad ρ_v</p>	<p>Verhältnis des von einer Oberfläche zurückgeworfenen Lichtstroms zu dem auf diese Oberfläche auffallenden Lichtstrom. Der Reflexionsgrad ist abhängig von der spektralen Verteilung, der Polarisation und der geometrischen Verteilung des Lichts.</p>
1.1.2.8	<p>UGR-Wert</p>	<p>Zur Beurteilung der (psychologischen) Blendung durch Leuchten einer Beleuchtungsanlage wird das vereinheitlichte UGR-Verfahren (unified glare rating) herangezogen. Die UGR-Werte für Leuchten werden mit dem Tabellenverfahren nach CIE 117 ermittelt.</p>
1.1.2.9	<p>Wartungsfaktor Beleuchtung MF</p>	<p>Verhältnis der zu planenden, über den Raum gemittelten Beleuchtungsstärke zum Wartungswert der Beleuchtungsstärke.</p>

		Der zu wählende Wartungsfaktor hängt davon ab, wie stark eine Beleuchtungsanlage wegen Alterung und Verschmutzung mit der Zeit weniger Licht abgibt und wie gut die Beleuchtungsstärkeverteilung an die Lage der Bereiche der Sehaufgabe angepasst werden kann.
1.1.2.10	Glasflächenzahl Z_g	Verhältnis der lichtdurchlässigen Glasfläche zur Nettogeschossfläche eines Raumes.
1.1.2.11	Glasanteil	Verhältnis der Summe der lichtdurchlässigen Glasflächen zur betreffenden Fassadenfläche.
1.1.2.12	Beleuchtungssteuerung nach Präsenz	<p>Es werden folgende Funktionstypen unterschieden:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Manuelle Schaltung: Die Beleuchtung wird manuell ein- und ausgeschaltet. – Manuelle Schaltung mit zeitgesteuerter Ausschaltung: Die Beleuchtung wird manuell ein- und ausgeschaltet. Zusätzlich gibt es eine automatische zeitgesteuerte Ausschaltung, zum Beispiel immer am Mittag, oder am Mittag und Abend, oder immer 2 Stunden nach dem manuellen Einschalten. – Automatische Schaltung nach Präsenz: Die Ein- und Ausschaltung erfolgt automatisch mittels eines Präsenzmelders. Die Einschaltung erfolgt zum Zeitpunkt der Meldung, dass Personen anwesend sind. Die Ausschaltung erfolgt, wenn nach der Meldung, dass keine Personen mehr anwesend sind, eine definierte Nachlaufzeit verstrichen ist. (Vollautomatischer Betrieb, auto on-off) – Manuelle Ein- und automatische Ausschaltung (nach Präsenz): Die Beleuchtung wird manuell eingeschaltet. Die Ausschaltung erfolgt automatisch mittels eines Präsenzmelders, wenn nach der Meldung, dass keine Personen mehr anwesend sind, eine definierte Nachlaufzeit verstrichen ist. (Halbautomatischer Betrieb, manuell on / auto off)
1.1.2.13	Beleuchtungssteuerung nach Tageslicht	<p>Es werden folgende Funktionstypen unterschieden:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Manuelle Schaltung: Die Beleuchtung wird manuell ein- und ausgeschaltet. – Manuelle Schaltung mit zeitgesteuerter Ausschaltung: Die Beleuchtung wird manuell ein- und ausgeschaltet. Zusätzlich gibt es eine automatische zeitgesteuerte Ausschaltung, zum Beispiel immer am Mittag oder 2 Stunden nach dem manuellen Einschalten. – Automatische Schaltung nach Tageslicht: Die Beleuchtung wird bei einem bestimmten Wert der Tageslicht-Beleuchtungsstärke automatisch ein- bzw. ausgeschaltet. (Vollautomatischer Betrieb, auto on-off) – Manuelle Ein- und automatische Ausschaltung (nach Tageslicht): Die Beleuchtung wird manuell eingeschaltet und beim Überschreiten eines eingestellten Wertes der Tageslicht-Beleuchtungsstärke automatisch ausgeschaltet. (Halbautomatischer Betrieb, manuell on / auto off)

- Konstantlichtsteuerung oder -regelung:
Die Beleuchtung wird so gesteuert, dass sich zusammen mit dem Tageslicht eine konstante Beleuchtungsstärke ergibt.

1.1.2.14 Sonnenschutzsteuerung

Es werden folgende Funktionstypen unterschieden:

- Manuelle Betätigung:
Der Sonnenschutz wird manuell geschlossen bzw. geöffnet.
- Motorbetrieben mit manueller Betätigung:
Der Sonnenschutz wird, ausgelöst von einer manuellen Betätigung, durch einen Motor geschlossen bzw. geöffnet.
- Motorbetrieben mit automatischer Steuerung:
Die Sonnenschutzeinrichtungen werden automatisch geschlossen, wenn die für die entsprechende Fassade gemessene Beleuchtungsstärke (in Lux) oder Globalstrahlung einen eingestellten Wert überschreitet.
- Motorbetrieben mit automatischer Steuerung und Berücksichtigung der Verschattung:
Die Sonnenschutzeinrichtungen werden automatisch geschlossen, wenn die für den entsprechenden Fassadenabschnitt ermittelte Beleuchtungsstärke (in Lux) oder Globalstrahlung einen eingestellten Wert überschreitet. Durch die Aufteilung der Fassade in Fassadenabschnitte kann die Verschattung durch benachbarte Bauten und andere Objekte (inkl. Geländeerhebungen) berücksichtigt werden.
- Motorbetrieben mit automatischer Steuerung und Lamellennachführung:
Die automatische Lamellennachführung bewirkt, dass der Lamellenanstellwinkel bei geschlossenem Sonnenschutz automatisch so nachgeführt wird, dass der Raum bei Belegung bestmöglich mit Tageslicht versorgt wird ohne direkte Sonneneinstrahlung.

Weitere Begriffe sind in SN EN 12665 erklärt.

1.2 Symbole, Begriffe und Einheiten

Symbol	Begriff	Einheit
A_{GF}, A_{NGF}	Geschossfläche, Nettogeschossfläche	m ²
EEl	Energieeffizienzindex	–
E_L	spezifischer Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung	kWh/m ²
E_v, E_{vm}, E_0	Beleuchtungsstärke, Wartungswert der Beleuchtungsstärke, Referenzbeleuchtungsstärke	lx
MF	Wartungsfaktor Beleuchtung	–
a_B	Balkontiefe	m
d_P	Nutzungstage pro Jahr	d
f_1, f_2	Faktoren zur Bestimmung des Raumwirkungsgrads	–
f_P	Jahresgleichzeitigkeit	–
g	Gesamtenergiedurchlassgrad	–
h_L, h_v	Höhe des Lichtpunktes über der Bewertungsebene, Höhe der Bewertungsebene	m
h_{li}	Höhe des Fenstersturzes	m
l_R, d_R, h_R	Länge, Tiefe und Höhe eines Raumes	m
k_0	Korrekturfaktor zur Berechnung der Referenzbeleuchtungsstärke	–
$k_{ctr}, k_{Re}, k_T, k_{li}, k_{sp}, k_B, k_{sur}$	Korrekturfaktoren für minimale Volllaststunden Beleuchtung für Steuerung, Reflexionsgrad, Transmissionsgrad, Fenstersturz, Sonnenschutz, Balkon und Umgebung	–
k_{Pr}	Korrekturfaktor für Beleuchtungssteuerung nach Präsenz	–
k_R	Raumindex	–
k_{si}	Korrekturfaktor für Gleichzeitigkeit	–
p_L	spezifische elektrische Leistung für Beleuchtung	W/m ²
t_L	Volllaststunden für Beleuchtung	h
$t_{L,11}, t_{L,min}$	Volllaststunden bei einer Nutzungszeit von 11 Stunden, minimale Volllaststunden	h
t_{ur}, t_{ud}, t_{un}	Nutzungsstunden (allgemein, Tag, Nacht)	h
z_g, z_{g0}	Glasflächenzahl; Wert von z_g , oberhalb welchem keine weitere Reduktion der Volllaststunden eintritt	–
η_R	Raumwirkungsgrad	–
$\eta_{v,Lo}$	Leuchten-Lichtausbeute	lm/W
ρ	Reflexionsgrad	–
τ	Transmissionsgrad einer Verglasung	–
Φ_v	Lichtstrom	lm

1.3 Indizes

Index	Deutsch	Englisch	Französisch	Italienisch
<i>B</i>	Balkon	balcony	balcon	balcone
<i>ctr</i>	Regelung, Steuerung	control	régulation, commande	regolazione, controllo
<i>E</i>	Energie	energy	énergie	energia
<i>e</i>	aussen	external	extérieur	esterno
<i>f</i>	Fensterrahmen	frame	cadre de fenêtre	telaio
<i>g</i>	Glas	glass	vitre	vetro
<i>GF</i>	Geschossfläche	gross floor area	surface de plancher (SP)	superficie di piano (SP)
<i>i</i>	intern, innen	internal	interne, intérieur	interno
<i>L</i>	Beleuchtung	lighting	éclairage	illuminazione
<i>li</i>	Fenstersturz	lintel	linteau de fenêtre	architrave della finestra
<i>li</i>	Grenzwert	limit	valeur limite	valore limite
<i>Lo</i>	Leuchtenbetrieb	luminary operation	luminaire allumé	illuminazione artificiale
<i>ls</i>	Verlust	loss	perte, déperdition	perdita
<i>m</i>	Masse	mass	masse	massa
<i>max</i>	Maximum, maximal	maximal	maximum, maximal	massimo
<i>min</i>	Minimum, minimal	minimal	minimum, minimal	minimo
<i>NGF</i>	Nettogeschoss- fläche	floor area	surface nette (SN)	superficie netta (SN)
<i>P</i>	Person	person	personne	persona
<i>Pr</i>	Präsenz	presence	présence	presenza
<i>Re</i>	Reflexion	reflection	réflexion	riflessione
<i>S</i>	Verschattung	shading	ombragement	ombreggiamento
<i>s</i>	solar	solar	solaire	solare
<i>si</i>	Gleichzeitigkeit	simultaneity	simultanéité	contemporaneità
<i>sp</i>	Sonnenschutz	solar protection	protection solaire	protezione solare
<i>St</i>	bereit	standby	en attente	standby
<i>sur</i>	Umgebung	surroundings	environnement	ambiente
<i>T</i>	Transmission	transmission	transmission	trasmissione
<i>ta</i>	Zielwert	target	valeur cible	valore mirato
<i>tot</i>	total	total	total	totale
<i>u</i>	Benutzer, Nutzung	user, use	utilisateur, utilisation	utilizzatore, utilizzazione
<i>ud</i>	Nutzung Tag	day use	utilisation diurne	utilizzazione diurna
<i>un</i>	Nutzung Nacht	night use	utilisation nocturne	utilizzazione notturna
<i>v</i>	visuell, Licht	visual	visuel, lumière	visuale, luce
<i>vm</i>	Wartung	maintenance	maintenance	manutenzione
<i>w</i>	Fenster	window	fenêtre	finestra
<i>0</i>	Referenzwert, Basiswert	reference value	valeur de référence, de base	valore di riferimento, di base
<i>11</i>	11-stündiger Nutzungstag	11 hour day	utilisation journalière de 11 heures	utilizzazione giornaliera di 11 ore

1.4 Darstellung des Elektrizitätsbedarfs

- 1.4.1 Die Ermittlung des Elektrizitätsbedarfs und der Vergleich mit den Anforderungen müssen nachvollziehbar sein. Zu diesem Zweck wird die Berechnung des absoluten Elektrizitätsbedarfs bzw. des spezifischen Elektrizitätsbedarfs gemäss den Tabellen 1 und 2 dargestellt.
- 1.4.2 Der Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung wird nach Raumgruppen, die definierten Standardnutzungen zugeordnet werden, ermittelt. Dabei werden Räume, welche gleichartige Voraussetzungen haben (gleiche Grenz- und Zielwerte), zu einer Raumgruppe zusammengefasst. Die Projektwerte werden in Tabelle 1 als Leistungen, Volllaststunden und absolute Elektrizitätsbedarfswerte eingetragen.
- 1.4.3 In Tabelle 2 werden die spezifischen Elektrizitätsbedarfswerte der Projektwerte (aus Tabelle 1) den Grenz- und Zielwerten gegenübergestellt. Der spezifische Elektrizitätsbedarf wird auf die Nettogeschossfläche der Raumgruppe bezogen. Das Gesamtergebnis für Projekt-, Grenz- und Zielwert ergibt sich je als flächengewichteter Mittelwert.
- 1.4.4 Die Tabellen 1 und 2 werden in verschiedenen Projektphasen ausgefüllt bzw. den Veränderungen im Projektablauf angepasst.

Tabelle 1 Elektrizitätsbilanz: Projektwert (Beispiele im Anhang C)

Raumgruppe/ Nutzung	Nettogeschossfläche m ²	Installierte Leistung kW	Projektwerte	
			Volllaststunden h/a	Elektrizitätsbedarf MWh/a
1				
2				
3				
4				
5				
...				
Gesamtergebnis				

Tabelle 2 Vergleich Projektwerte und Anforderungen

Raumgruppe/ Nutzung	Nettogeschossfläche m ²	Projektwert kWh/m ²	Grenzwert kWh/m ²	Zielwert kWh/m ²
1				
2				
3				
4				
5				
...				
Gesamtergebnis				

2 PROJEKTIERUNG

2.1 Planungsteam

- 2.1.1 Die Realisierung einer energieeffizienten Beleuchtung in Neu- und Umbauten setzt eine enge Zusammenarbeit zwischen Bauherrschaft, Architekt, Fachplaner (Elektro- oder Beleuchtungsplaner) und Lieferanten voraus.
- 2.1.2 Die Bauherrschaft kann die Energieeffizienz der Beleuchtungsanlage durch zweckmässige Vorgaben für den Raum- und Flächenbedarf, durch klare Zielvorgaben an das Planungsteam für den zu erreichenden Elektrizitätsbedarf sowie durch die Wahl der Leuchten entscheidend beeinflussen.
- 2.1.3 Der Architekt kann durch Gliederung und Detailgestaltung des Gebäudes den Elektrizitätsbedarf wesentlich beeinflussen. Der Elektrizitätsbedarf für die Beleuchtung kann durch eine gute Tageslichtnutzung massgeblich reduziert werden. Einflussgrössen sind Form, Orientierung, Helligkeit der Räume und der Fassaden, die Lage, Grösse, Art der Fenster sowie ein guter aussenliegender Sonnenschutz, der sowohl die thermischen Anforderungen erfüllt, als auch die Räume bestmöglich mit Tageslicht versorgt.
- 2.1.4 Der Fachplaner kann durch präzise Dimensionierung der Leuchten, durch optimale Systemwahl und durch bedarfsorientierte Steuerung zur effizienten Elektrizitätsnutzung wesentlich beitragen. Er ist für die Erstellung des Energienachweises Teil Beleuchtung verantwortlich, welcher spätestens im Rahmen der Teilphase 33 Bewilligungsverfahren (gemäss SIA 108) zu erbringen ist. Mit der Nachweispflicht übernimmt er die Verantwortung für den einwandfreien Betrieb der Beleuchtungsanlage. Die Entschädigung für die Erstellung des Nachweises ist in SIA 108 geregelt. Bei energetisch relevanten Projektänderungen ist der zuständigen Bewilligungsbehörde unaufgefordert ein revidierter Energienachweis Beleuchtung zuzustellen.
- 2.1.5 Die Nutzungsbedingungen sind mit dem Bauherrn zu vereinbaren. Ohne besondere Bestimmungen werden die Standardnutzungen gemäss SIA 2024 angewendet. Für Räume, deren Nutzung in SIA 2024 nicht beschrieben ist, können Spezialnutzungen mit zutreffenden Annahmen definiert werden.

2.2 Vorgehen

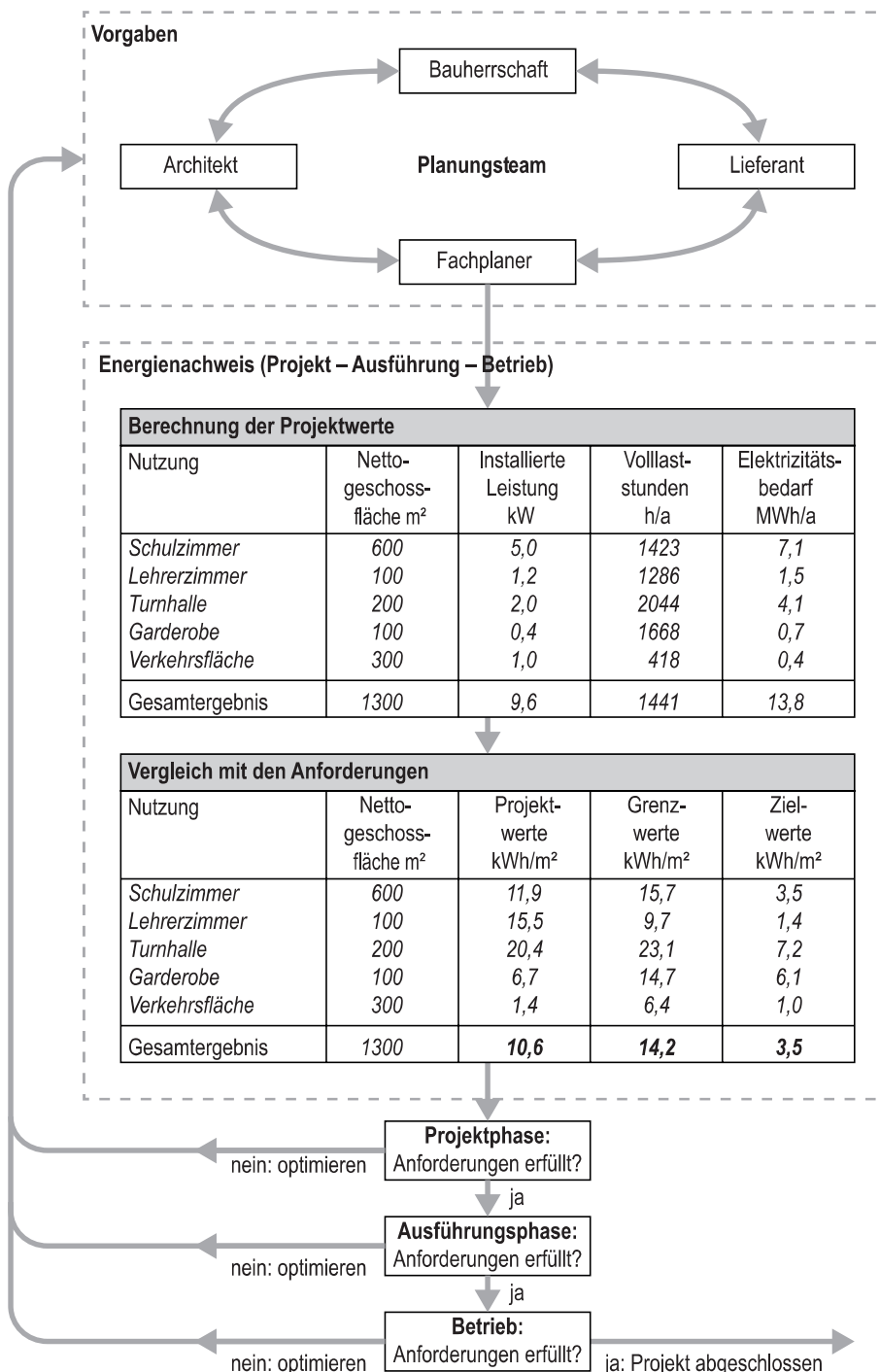
- 2.2.1 Der Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung eines Gebäudes wird mit Hilfe der standardisierten Darstellung des Elektrizitätsbedarfs (vgl. 1.4) erfasst. Für die Berechnung und Erstellung der Energiebilanz stehen verschiedene Rechenprogramme zur Verfügung.
- 2.2.2 Im frühen Planungsstadium können die Projektwerte unter Zuhilfenahme der Grenz- und Zielwerte für die einzelnen Nutzungen ermittelt werden. In der Planungsphase werden reale Kennwerte von Räumen, Fenstern, Leuchten und Steuerungen usw. verwendet.
- 2.2.3 Die Projektwerte sind mit den Anforderungen (Grenz- und Zielwerte) zu vergleichen. Werden die Anforderungen nicht erfüllt, sind die Vorgaben für die Grenz- und Zielwerte zu überprüfen und bei Bedarf das Projekt anzupassen, wobei die Anforderungen an die Beleuchtung (Beleuchtungsstärke, Blendungsbegrenzung) gemäss SN EN 12464-1 eingehalten werden müssen.
- 2.2.4 Die Optimierung von Anlagen und Komponenten und ihres Elektrizitätsbedarfs ist ein iterativer Prozess. Sie stützt sich auf Vergleiche der Wirtschaftlichkeit sowie der Betriebs- und Umweltfreundlichkeit von verschiedenen Varianten. In den Vergleich sind auch Varianten einzubeziehen, welche auf einzelne Teilsysteme verzichten, um die Notwendigkeit von Anlagen und Komponenten zu prüfen.
- 2.2.5 Nach der Realisierung des Projekts sind die Objektwerte mit den Projektwerten und mit den Anforderungen zu vergleichen. Abweichungen von den Projektwerten sind zu analysieren. Wenn die Objektwerte den Anforderungen nicht genügen, sind entsprechende Massnahmen zu treffen.

2.2.6

Der elektrizitätsbedarf ist direkt von der jährlichen Betriebsdauer und von der Steuerung der Beleuchtungsanlagen abhängig. Eine Justierung der Beleuchtungssteuerung bei der Inbetriebnahme ist zwingend notwendig. Damit während der Nutzungsphase ein energieeffizienter Betrieb sichergestellt werden kann, sind bereits in der Planungsphase die notwendigen Vorkehrungen zu treffen, welche eine effiziente Betriebsoptimierung und -überwachung erlauben. Es wird empfohlen, die Stromversorgung für die Beleuchtung (oder einen klar abgrenzbaren Teil davon) separat zu führen und zu messen (Lastgangmessung).

Figur 1 Zusammenarbeit und Vorgehen nach SIA 387/4

Die Abbildung zeigt ein typisches Vorgehen und den iterativen Prozess zur Optimierung des elektrizitätsbedarfs bei der Planung einer Beleuchtung. Die Organisation und die Zuständigkeiten können je nach Projekt abweichen.



3 BERECHNUNG DES ELEKTRIZITÄTSBEDARFS

3.1 Allgemeines

3.1.1 Zweck der Beleuchtung

Der Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung setzt sich zusammen aus dem Elektrizitätsbedarf für die Raum- und Akzentbeleuchtung. Die Raumbelichtung ermöglicht die im betreffenden Raum anfallenden Sehaufgaben. Die Akzentbeleuchtung dient der Beleuchtung von bestimmten Objekten.

3.1.2 Bezugsgrösse

Der jährliche Elektrizitätsbedarf für die Beleuchtung wird in kWh/m² pro Raum oder pro Gruppe von Räumen mit gleichen Nutzungsbedingungen – bezogen auf die Nettogeschossfläche – ermittelt.

3.1.3 Projektwert

Die Berechnung des Projektwertes erfolgt immer mit den im betreffenden Projektstand besten Annahmen für die Eigenschaften der betreffenden Beleuchtungsanlagen und deren Betriebsbedingungen.

3.1.4 Spezifischer Elektrizitätsbedarf für die Raum- und Akzentbeleuchtung

Der spezifische Elektrizitätsbedarf E_L ergibt sich aus der Multiplikation der spezifischen elektrischen Leistung p_L mit den Volllaststunden t_L (Ziffer 3.3, Methode 1).

$$E_L = \frac{p_L \cdot t_L}{1000} \quad (1)$$

E_L spezifischer Elektrizitätsbedarf Beleuchtung, in kWh/m²·a

p_L spezifische Leistung Beleuchtung, in W/m²

t_L Volllaststunden Beleuchtung, in h/a

Alternativ lässt sich der Elektrizitätsbedarf in Stundenschritten durch Aufsummierung der stündlichen Leistungswerte ermitteln (Ziffer 3.4, Methode 2).

3.1.5 Spezifische elektrische Leistung für die Raum- und Akzentbeleuchtung

3.1.5.1 Die spezifische elektrische Leistung p_L für die allgemeine Raumbelichtung ergibt sich aus der Summe der Leistungen aller Leuchten geteilt durch die Nettogeschossfläche des Raums bzw. der Raumgruppe.

3.1.5.2 Bei Verwendung einer ständig gedimmten Beleuchtung ist anstelle der installierten Anschlussleistung mit der effektiven Betriebsleistung zu rechnen.

3.1.5.3 Wenn in einem frühen Planungsstadium die Leuchten (Typ und Anzahl) noch nicht bestimmt sind, kann die spezifische elektrische Leistung p_L mit der Näherungsmethode gemäss 3.2 bestimmt werden.

3.1.6 Berechnung der Volllaststunden für die Raum- und Akzentbeleuchtung (Methode 1)

3.1.6.1 Die Volllaststunden t_L der Raumbelichtung sind auf Grund der Nutzungsstunden, der Tageslichtverhältnisse, der erforderlichen Beleuchtungsstärke und der Bedienung durch die Benutzer bzw. der automatischen Steuerungen der Beleuchtung und des Sonnenschutzes zu bestimmen.

3.1.6.2 Die Einschaltdauer der Beleuchtung ist stark von der Bedienung durch die Benutzer und vom Typ der Beleuchtungssteuerung abhängig. Bei der Steuerung nach Präsenz wird die Beleuchtung auf Grund der Personenpräsenz ein- und ausgeschaltet. Bei der Steuerung nach Tageslicht wird die Beleuchtung auf Grund des einfallenden Tageslichts geregelt, gesteuert oder ein- und ausgeschaltet.

3.1.6.3 Wenn keine genaueren Angaben vorhanden sind, kann die Zahl der Volllaststunden t_L mit der Näherungsmethode gemäss 3.3 bestimmt werden.

3.2 Berechnung der spezifischen Leistung

3.2.1 Basisgleichung

Die spezifische Leistung berechnet sich näherungsweise nach der folgenden Gleichung:

$$p_L = \frac{E_0}{MF \cdot \eta_{v,Lo} \cdot \eta_R} \quad (2)$$

p_L spezifische Leistung Beleuchtung, in W/m²

E_0 Referenzwert der Beleuchtungsstärke für die Leistungsberechnung in lx: $E_0 = k_0 \cdot E_{vm}$

MF Wartungsfaktor Beleuchtung (gemäss SN EN 12464-1)

$\eta_{v,Lo}$ Leuchten-Lichtausbeute, in lm/W

η_R Raumwirkungsgrad

k_0 nutzungsspezifischer Korrekturfaktor für die Referenzbeleuchtungsstärke

E_{vm} Wartungswert der Beleuchtungsstärke in lx (gemäss SN EN 12464-1)

3.2.2 Wartungsfaktor Beleuchtung

Der Wartungsfaktor Beleuchtung MF berücksichtigt folgende Kriterien:

- Lichtstromrückgang der Leuchte durch Alterung der Leuchtmittel,
- Lichtstromrückgang der Leuchte durch Verschmutzung,
- Verschmutzung und Alterung der Räume.

3.2.3 Leuchten-Lichtausbeute

Die typischen Lichtausbeuten $\eta_{v,Lo}$ von Leuchten können in der Vorprojektphase der Tabelle 3 entnommen werden. In der Projektphase sollen die effektiven Werte der verwendeten Produkte oder von bauähnlichen Leuchten verwendet werden.

Tabelle 3 Typische Leuchten-Lichtausbeute $\eta_{v,Lo}$ in lm/W (Stand Mitte 2016)

Lampentyp	Leuchtentyp	Systemleistung	Lichtstrom	Leuchten-Lichtausbeute
		W	lm	$\eta_{v,Lo}$ lm/W
LED	Stehleuchten	90	10800	120
	Pendelleuchten	40	4800	120
	Deckenleuchten	40	4800	120
	Downlight	20	2000	100
	Strahler/Spot	30	2400	80
	Wandleuchten	30	2400	80
	Tischleuchten	10	800	80
Leuchtstofflampen	Stehleuchten	120	9000	75
	Pendelleuchten	60	4500	75
	Deckenleuchten	40	2800	70
	Downlight	32	1600	50
	Wandleuchten	30	2100	70
Halogenlampen	Strahler/Spot	50	750	15

3.2.4 Beleuchtungsstärke

Nach SN EN 12464-1 sind für eine angemessene Sehleistung und für den Sehkomfort auf den Bereichen der Sehaufgabe mindestens die in Tabelle 4 angegebenen Wartungswerte der Beleuchtungsstärken erforderlich. Werden diese auf einem Bereich der Sehaufgabe unterschritten, muss die Anlage gewartet werden (Reinigung der Leuchten, Auswechseln der Lampen). Die Beleuchtungsstärke in der Umgebung des Sehaufgabenbereichs kann geringere Werte aufweisen. In einigen Raumnutzungen sind praxisbedingt zusätzliche Beleuchtungskörper (z.B. Akzentbeleuchtung) notwendig. Mittels eines Korrekturfaktors wird eine zur Ermittlung der installierten Leistung

benötigte Referenzbeleuchtungsstärke berechnet. Zusätzlich ist eine Blendbegrenzung nach UGR erforderlich.

Entsprechen die effektiven Anforderungen nicht den Standardvorgaben der Tabelle 4 (bzw. SN EN 12464-1), müssen nutzungsspezifische Werte (E_{vm} , k_0 , E_0 , UGR) unter Berücksichtigung der Alters- und Nutzergruppen festgelegt werden. Wo entsprechende Richtlinien oder Normen verfügbar sind, sollen die Werte darauf abgestimmt werden, z.B. SLG 104:2014 *Alters- und sehbehindertengerechte Beleuchtung im Innenraum*. Die Verwendung spezifischer Nutzungen ist zu begründen.

Tabelle 4 Wartungswert der Beleuchtungsstärke E_{vm} , Korrekturfaktor k_0 und Referenzbeleuchtungsstärke E_0 zur Ermittlung der installierten Leistung p_L , ferner UGR-Grenzwert

Nr.	Raumnutzung	E_{vm} lx	k_0 –	E_0 –	UGR –
2.1	Hotelzimmer	50	6	300	19
2.2	Empfang, Lobby	100	3	300	22
3.1	Einzel-, Gruppenbüro	500	1	500	19
3.2	Grossraumbüro	500	1	500	19
3.3	Sitzungszimmer	500	1	500	19
3.4	Schalterhalle, Empfang	200	1,5	300	22
4.1	Schulzimmer	500	1	500	19
4.2	Lehrerzimmer	300	1	300	19
4.3	Bibliothek	200	1,5	300	19
4.4	Hörsaal	500	1	500	19
4.5	Schulfachraum	500	1	500	22
5.1	Lebensmittelverkauf	300	2,5	750	22
5.2	Fachgeschäft	300	2,5	750	22
5.3	Verkauf Möbel, Bau, Garten	300	2	600	22
6.1	Restaurant	200	1,5	300	22
6.2	Selbstbedienungsrestaurant	200	1,5	300	22
6.3	Küche zu Restaurant	500	1	500	22
6.4	Küche zu SB-Restaurant	500	1	500	22
7.1	Vorstellungsraum	300	1	300	22
7.2	Mehrzweckhalle	300	1	300	22
7.3	Ausstellungshalle	300	2	600	22
8.1	Bettzimmer	100	3	300	19
8.2	Stationszimmer	300	1,67	500	19
8.3	Behandlungsraum	500	1,5	750	19
9.1	Produktion (grobe Arbeit)	300	1	300	25
9.2	Produktion (feine Arbeit)	500	1	500	22
9.3	Laborraum	500	1	500	25
10.1	Lagerhalle	300	1	300	22
11.1	Turnhalle	300	1,67	500	22
11.2	Fitnessraum	300	1	300	22
11.3	Schwimmhalle	300	1	300	28
12.1	Verkehrsfläche	100	1	100	25
12.2	Verkehrsfläche 24h (Spitäler)	200	1	200	25
12.3	Treppenhaus	200	1	200	25
12.4	Nebenraum	100	1	100	25
12.5	Küche, Teeküche	200	1	200	25
12.6	WC, Bad, Dusche	200	1	200	25
12.7	WC	200	1	200	25
12.8	Garderobe, Dusche	200	1	200	25

Tabelle 4 Wartungswert der Beleuchtungsstärke E_{vm} , Korrekturfaktor k_0 und Referenzbeleuchtungsstärke E_0 zur Ermittlung der installierten Leistung $p_{L'}$, ferner UGR-Grenzwert (Fortsetzung)

Nr.	Raumnutzung	E_{vm} lx	k_0 –	E_0 –	UGR –
12.9	Parkhaus	75	1	75	25
12.10	Wasch- und Trockenraum	300	1	300	25
12.11	Kühlraum	100	1	100	25
12.12	Serverraum	100	1	100	25

3.2.5 Raumwirkungsgrad

3.2.5.1 Der Raumwirkungsgrad η_R berücksichtigt die folgenden drei Einflussfaktoren:

- Geometrie des Raumes, charakterisiert durch den Raumindex k_R ,
- Reflexionsgrade ρ von Decke, Wänden und Boden,
- Lichtverteilcharakteristik der Leuchten.

3.2.5.2 Der Raumindex k_R beschreibt das Verhältnis von Nutzfläche zu den Licht absorbierenden Wandflächen:

$$k_R = \frac{l_R \cdot d_R}{h_L \cdot (l_R + d_R)} \quad (3)$$

l_R Länge des Raumes in m

d_R Breite des Raumes in m

h_L Höhe des Lichtpunktes (Abstand zwischen Lichtquelle und Bewertungsebene) in m; wenn die Art der Leuchten noch nicht definiert ist, kann der Abstand zwischen der Decke und der Bewertungsebene eingesetzt werden (Annahme Deckenleuchten)

3.2.5.3 Der Reflexionsgrad ρ berücksichtigt die Reflexion an den umgebenden Flächen (Decke, Wände, Boden). Für dieses Näherungsverfahren werden 3 Standardkombinationen von Reflexionsgraden definiert:

- hell Decke 80 %, Wände 50 %, Boden 30 %
- normal Decke 70 %, Wände 50 %, Boden 20 %
- dunkel Decke 30 %, Wände 30 %, Boden 10 %

Für die Berechnung ist die insgesamt am besten zutreffende Kombination zu wählen. Bei indirektem Licht und in vermindertem Mass bei direkt-indirektem Licht ist vor allem der Reflexionsgrad der Decke massgebend. Bei nicht gebündeltem Licht und generell bei kleinem Raumindex ($k \leq 1,0$) ist vor allem der Reflexionsgrad der Wände massgebend.

3.2.5.4 Bei der Lichtverteilcharakteristik werden vier Fälle unterschieden:

- direkt tief: senkrecht gebündeltes Licht: z.B. Einbauleuchte mit Spiegelraster, offenes Downlight
- direkt breit: senkrecht ungebündeltes Licht: z.B. Einbauleuchte mit opalener Abdeckung oder Lichtleiste
- direkt-indirektes Licht: z.B. Pendelleuchte oder Stehleuchte, Deckenleuchte mit opalener Wanne
- indirektes Licht: z.B. Stehleuchte indirekt

3.2.5.5 Der Raumwirkungsgrad η_R in Abhängigkeit vom Raumindex k_R , von der Lichtverteilcharakteristik und von den Reflexionsgraden des Raumes kann durch die folgende Gleichung dargestellt werden:

$$\eta_R = f_1 \cdot \left(\frac{1}{f_2} - \frac{1}{k_R + f_2} \right) \quad (4)$$

f_1 und f_2 sind Faktoren, die von der Lichtverteilcharakteristik und den Reflexionsgraden des Raumes abhängig sind. Sie sind in der Tabelle 5 angegeben.

Tabelle 5 Faktoren f_1 und f_2 in Abhängigkeit von der Lichtverteilcharakteristik und den Reflexionsgraden

Lichtverteilcharakteristik	Standardkombination der Reflexionsgrade	f_1	f_2
direkt tief	dunkel	0,32	0,32
	normal	0,48	0,41
	hell	0,60	0,46
direkt breit	dunkel	1,00	0,95
	normal	1,25	1,00
	hell	1,35	1,00
direkt-indirekt	dunkel	1,10	1,30
	normal	1,30	1,20
	hell	1,40	1,15
indirekt	dunkel	0,80	1,35
	normal	0,90	1,04
	hell	1,25	1,12

3.3 Berechnung der jährlichen Volllaststunden (Methode 1)

3.3.1 Allgemein

Die vorliegende Norm beschreibt eine einfache Methode zur Ermittlung der Betriebszeiten von Beleuchtungsanlagen, die mit weniger Eingabe-Parametern auskommt als die europäische Norm SN EN 15193.

Die Volllaststunden für die Beleuchtung werden in zwei Schritten berechnet. In einem ersten Schritt werden unter Berücksichtigung des Typs der Beleuchtungssteuerung nach Tageslicht, der Sonnenschutzsteuerung und der baulichen Gegebenheiten die Volllaststunden für eine tägliche Nutzungszeit von 11 Stunden berechnet. In einem zweiten Schritt wird diese Zahl umgerechnet auf die Nutzungsstunden der effektiven Nutzung. Dabei werden auch die Reduktion der Volllaststunden durch die Beleuchtungssteuerung nach Präsenz sowie ein Gleichzeitigkeitsfaktor in Nutzungen mit sehr geringer Personenanwesenheit berücksichtigt.

3.3.2 Volllaststunden pro Tag für eine Nutzungszeit von 11 Stunden

3.3.2.1 Die Volllaststunden pro Tag $t_{L,11}$ für eine Nutzungszeit von 11 Stunden sind gegeben durch:

$$t_{L,11} = 0,5 \cdot (11h - t_{L,min}) \cdot \cos(\pi \cdot z_g / z_{g0}) + 0,5 \cdot (11h + t_{L,min}) \quad \text{für } z_g < z_{g0} \quad (5)$$

$$t_{L,11} = t_{L,min} \quad \text{für } z_g < z_{g0}$$

$t_{L,min}$ minimale Volllaststunden

z_g Glasflächenzahl (Verhältnis von Glas- zu Bodenfläche); bei Oberlichtern wird die doppelte Glasfläche eingesetzt

z_{g0} Wert der Glasflächenzahl, oberhalb welchem keine weitere Reduktion der Volllaststunden eintritt

3.3.2.2 Der Wert von z_{g0} ergibt sich aus:

$$z_{g0} = \text{Max} [0,175; 0,35 \cdot (0,375 + (E_0 / 800 \text{ lx}))] \quad (6)$$

3.3.2.3 Der Wert von $t_{L,min}$ ergibt sich aus:

$$t_{L,min} = \text{Min} [11h; 2h \cdot k_{ctr} \cdot k_{Re} \cdot k_T \cdot \text{Max}(k_{ij}; k_B) \cdot k_{sp} \cdot k_{sur}] \quad (7)$$

- 3.3.2.4 Der Korrekturfaktor Beleuchtungssteuerung nach Tageslicht k_{ctr} beträgt
- $k_{ctr} = 1,0$ für Konstantlichtregelung mit LED-Lampen
 - $k_{ctr} = 1,2$ – für Konstantlichtregelung mit Leuchtstofflampen
 - für automatische Ausschaltung und manuelle Einschaltung (halbautomatischer Betrieb)
 - für automatische Ein/Aus-Schaltung (vollautomatischer Betrieb)
 - $k_{ctr} = 1,5$ für manuelle Schaltung mit zeitgesteuerter Ausschaltung
 - $k_{ctr} = 2,0$ für manuelle Schaltung

- 3.3.2.5 Der Korrekturfaktor Reflexionsgrad k_{Re} beträgt
- $k_{Re} = 1,0$ für Standardkombination hell
 - $k_{Re} = 1,1$ für Standardkombination normal
 - $k_{Re} = 1,5$ für Standardkombination dunkel

- 3.3.2.6 Der Korrekturfaktor Transmissionsgrad k_T beträgt
- $k_T = 0,7/\tau_v$
- τ_v Lichttransmissionsgrad der Verglasung (vgl. SN EN 13363-1 und -2)

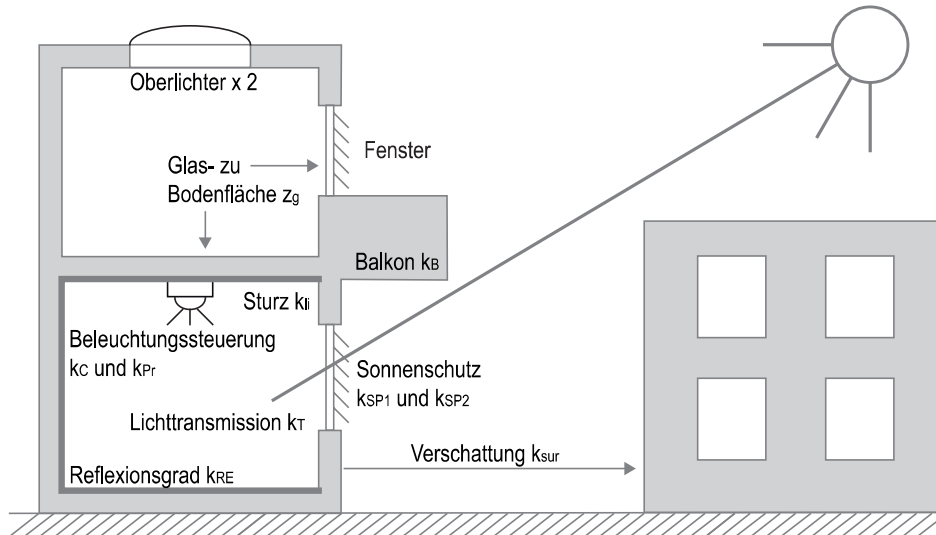
- 3.3.2.7 Der Korrekturfaktor Fenstersturz k_{ji} beträgt
- $$k_{ji} = 0,8 + \frac{0,2 \text{ m}}{(h_R - h_{ji} - 1,8 \text{ m})} \quad (8)$$
- $k_{ji} = 1,8$ für $h_R - h_{ji} < 2,0 \text{ m}$
- h_R Raumhöhe in m
 h_{ji} Höhe Fenstersturz in m

- 3.3.2.8 Der Korrekturfaktor Balkon k_B (Überhang) beträgt
- $$k_B = \frac{1}{1 - (0,25 \text{ m}^{-1} \cdot a_B)} \quad (9)$$
- $k_B = 2,0$ für $a_B > 2,0 \text{ m}$
 a_B Balkentiefe in m

- 3.3.2.9 Der Korrekturfaktor Sonnenschutz k_{sp} ergibt sich durch Multiplikation der Teilfaktoren k_{sp1} (Art des Sonnenschutzes) und k_{sp2} (Typ der Sonnenschutzsteuerung): $k_{sp} = k_{sp1} \cdot k_{sp2}$.
- Der Korrekturfaktor für die Art des Sonnenschutzes k_{sp1} beträgt
- $k_{sp1} = 1,0$ helle Lamellen (ρ mind. 70 %) oder lichtdurchlässiger Stoffbehang (τ mind. 25 %) mit Umlenkensystem
 - $k_{sp1} = 1,1$ helle Lamellen (ρ mind. 70 %) ohne Umlenkensystem
 - $k_{sp1} = 1,2$ mittelhelle Lamellen (ρ mind. 50 %) oder lichtdurchlässiger Stoffbehang (τ mind. 25 %)
 - $k_{sp1} = 1,3$ dunkle Lamellen oder wenig lichtdurchlässiger Stoffbehang (τ mind. 10 %)
 - $k_{sp1} = 1,4$ lichtundurchlässiger Stoffbehang
- Der Korrekturfaktor für die Sonnenschutzsteuerung k_{sp2} beträgt
- $k_{sp2} = 1,0$ motorbetrieben mit automatischer Steuerung und Lamellennachführung
 - $k_{sp2} = 1,1$ motorbetrieben mit automatischer Steuerung und Berücksichtigung der Verschattung; diese Funktion kann nur angewählt werden, wenn eine Verschattung vorliegt ($k_{sur} = 1,2$ oder 1,4)
 - $k_{sp2} = 1,2$ motorbetrieben mit automatischer Steuerung
 - $k_{sp2} = 1,3$ motorbetrieben mit manueller Betätigung
 - $k_{sp2} = 1,4$ manuelle Betätigung
- Wenn nachweislich kein Sonnenschutz notwendig ist, kann $k_{sp} = 1$ gesetzt werden.

- 3.3.2.10 Der Korrekturfaktor Horizontverschattung k_{sur} beträgt
 $k_{sur} = 1,0$ Gebäudestandort mit freier Sicht, keine oder geringe Verschattung durch Umgebung
 $k_{sur} = 1,2$ Gebäudestandort mit mittlerer Verschattung, Verbauungshöhenwinkel zwischen 15° und 35°
 $k_{sur} = 1,4$ Gebäudestandort in der Stadt, grosse Verschattung durch Umgebung

Figur 2 Einflussfaktoren des Tageslichts auf die jährliche Volllaststundenzahl einer Beleuchtungsanlage



3.3.3 Volllaststunden für allgemeine Nutzungszeiten mit Berücksichtigung der Beleuchtungssteuerung nach Präsenz und des Gleichzeitigkeitsfaktors für schwach belegte Nutzungen

3.3.3.1 Die Volllaststunden t_L ergeben sich durch

$$t_L = k_{p_r} \cdot \left(\frac{t_{L,11} \cdot t_{ud}}{11h} + t_{un} \right) d_p \cdot f_p \cdot k_{s_i} \quad (10)$$

- k_{p_r} Korrekturfaktor Beleuchtungssteuerung nach Präsenz
- $t_{L,11}$ Volllaststunden bei einer Nutzungszeit von 11 Stunden
- t_{ud} Nutzungsstunden Tag (7–18h)
- t_{un} Nutzungsstunden Nacht (18–7h)
- d_p Nutzungstage pro Jahr
- f_p Jahresgleichzeitigkeit
- k_{s_i} Korrekturfaktor Gleichzeitigkeit

In SIA 2024 sind Standardannahmen für die Nutzungsstunden Tag und Nacht angegeben.

3.3.3.2 Beim Korrekturfaktor Beleuchtungssteuerung nach Präsenz wird zwischen Nutzungen mit dauernder Präsenz ($k_{p_r} = 1,0$), Nutzungen mit normaler Präsenz und Nutzungen mit sporadischer Präsenz unterschieden. Die Korrekturfaktoren hängen von drei Einflussgrößen ab (Funktionstyp, Nachlaufzeit, Grösse des Erfassungsbereichs).

3.3.3.3 Funktionstypen der Beleuchtungssteuerung nach Präsenz, siehe 1.1.2.12.

3.3.3.4 Nachlaufzeit des Präsenzmelders:
 Der Faktor ist umso kleiner (und damit die Einsparung grösser), je kürzer die Nachlaufzeit ist.

3.3.3.5 Der Korrekturfaktor k_{Pr} für normale Präsenz hängt von Betriebsmodus und Nachlaufzeit ab.

Tabelle 6 Korrekturfaktor Beleuchtungssteuerung nach Präsenz k_{Pr}

Funktionstyp	Nachlaufzeit Präsenzmelder	Normale Präsenz		Sporadische Präsenz	
		manuell on, auto off	auto on, auto off	manuell on, auto off	auto on, auto off
auto on–off oder manuell on / auto off	2 Minuten	$k_{Pr} = 0,6$	$k_{Pr} = 0,7$	$k_{Pr} = 0,3$	$k_{Pr} = 0,4$
	5 Minuten	$k_{Pr} = 0,7$	$k_{Pr} = 0,8$	$k_{Pr} = 0,4$	$k_{Pr} = 0,5$
	15 Minuten	$k_{Pr} = 0,8$	$k_{Pr} = 0,9$	$k_{Pr} = 0,5$	$k_{Pr} = 0,6$
Manuelles Schalten mit zeitgesteuertem Aus		$k_{Pr} = 0,95$		$k_{Pr} = 0,8$	
Manuelles Schalten		$k_{Pr} = 1$			

3.3.3.6 In Nutzungen mit sehr schwacher Personenfrequenz (z.B. Lager) oder mehreren, aber nicht gleichzeitig brennenden Leuchten (z.B. Betten- und Hotelzimmer) kommt ein zusätzlicher Gleichzeitigkeitsfaktor zur Anwendung, der die Volllaststundenzahl generell – auch ohne Einsatz von Präsenzmeldern – um 50 % reduziert. Die damit erreichten praxisnäheren Volllaststunden sollen falsche Gewichtungen dieser Räume in der energetischen Gesamtbetrachtung der Beleuchtung eines Gebäudes korrigieren.

3.3.3.7 Die Korrekturfaktoren für Beleuchtungssteuerung nach Präsenz k_{Pr} und Gleichzeitigkeit k_{Si} sind abhängig von der Nutzung.

Tabelle 7 Standardnutzungen nach SIA 2024 mit Präsenzart und Gleichzeitigkeitsfaktor k_{Si}

Nr.	Raumnutzung	Dauernde Präsenz*	Normale Präsenz	Sporadische Präsenz	Korrektur- faktor Gleichzeitig- keit k_{Si}
2.1	Hotelzimmer	x			0,5
2.2	Empfang, Lobby	x			1
3.1	Einzel-, Gruppenbüro		x		1
3.2	Grossraumbüro		x		1
3.3	Sitzungszimmer		x		1
3.4	Schalterhalle, Empfang	x			1
4.1	Schulzimmer		x		1
4.2	Lehrerzimmer		x		1
4.3	Bibliothek		x		1
4.4	Hörsaal		x		1
4.5	Schulfachraum		x		1
5.1	Lebensmittelverkauf	x			1
5.2	Fachgeschäft	x			1
5.3	Verkauf Möbel, Bau, Garten	x			1
6.1	Restaurant		x		1
6.2	Selbstbedienungsrestaurant		x		1
6.3	Küche zu Restaurant				1
6.4	Küche zu SB-Restaurant				1
7.1	Vorstellungsraum				1

* Dauernde Präsenz bedeutet insbesondere, dass der Einsatz von Präsenzmeldern in vielen Fällen nicht sinnvoll ist und deshalb im Rechenmodell von SIA 387/4 in den bezeichneten Nutzungen nicht vorgegeben ist. Für diese Raumnutzungen gilt somit $k_{Pr} = 1$.

Tabelle 7 Standardnutzungen nach SIA 2024 mit Präsenzart und Gleichzeitigkeitsfaktor k_{si}
(Fortsetzung)

Nr.	Raumnutzung	Dauernde Präsenz*	Normale Präsenz	Sporadische Präsenz	Korrekturfaktor Gleichzeitigkeit k_{si}
7.2	Mehrzweckhalle				1
7.3	Ausstellungshalle				1
8.1	Bettzimmer				0,5
8.2	Stationszimmer				1
8.3	Behandlungsraum				1
9.1	Produktion (grobe Arbeit)		x		1
9.2	Produktion (feine Arbeit)		x		1
9.3	Laborraum	x			1
10.1	Lagerhalle		x		1
11.1	Turnhalle		x		1
11.2	Fitnessraum		x		1
11.3	Schwimmhalle		x		1
12.1	Verkehrsfläche			x	0,5
12.2	Verkehrsfläche 24h (Spitäler)			x	0,5
12.3	Treppenhaus			x	0,5
12.4	Nebenraum			x	0,5
12.5	Küche, Teeküche			x	0,5
12.6	WC, Bad, Dusche			x	0,5
12.7	WC			x	0,5
12.8	Garderobe, Dusche			x	0,5
12.9	Parkhaus			x	0,5
12.10	Wasch- und Trockenraum			x	0,5
12.11	Kühlraum			x	0,5
12.12	Serverraum	x			0,5

* Dauernde Präsenz bedeutet insbesondere, dass der Einsatz von Präsenzmeldern in vielen Fällen nicht sinnvoll ist und deshalb im Rechenmodell von SIA 387/4 in den bezeichneten Nutzungen nicht vorgegeben ist. Für diese Raumnutzungen gilt somit $k_{Pr} = 1$.

3.4 Berechnung der Jahresenergie im Stundenschritt (Methode 2)

3.4.1 Tageslichtstrom durch transparente Bauteile

3.4.1.1 Der Tageslichtstrom durch transparente Bauteile Φ_{di} wird separat für direkte und diffuse Einstrahlung berechnet. Die Einstrahlungen werden gleichzeitig für die Berechnung der externen Wärmeeinträge benötigt und sind deshalb SIA 2044 zu entnehmen.

$$\Phi_{di} = \sum_i A_{w,i} \cdot F_{F,i} \cdot 0,9 \cdot (I_{B,i} \cdot F_{dl,B} \cdot F_{s,B,i} \cdot \tau_{v,tot,B,i} + I_{D,i} \cdot F_{dl,D} \cdot F_{s,D,i} \cdot \tau_{v,tot,D,i}) \quad (11)$$

- $A_{w,i}$ Fensterfläche des Bauteils i , in m^2
- $F_{F,i}$ Verminderungsfaktor für den Rahmen für das Bauteil i
- $I_{B,i}$ direkte Solarstrahlung auf der Fassade i , in W/m^2
- $F_{dl,B}$ Tageslichtfaktor für Direktstrahlung: 125 lm/W
- $F_{s,B,i}$ Verschattungsfaktor für Direktstrahlung für das Bauteil i (siehe 3.4.2.1)
- $\tau_{v,tot,B,i}$ gesamter Lichttransmissionsgrad für Direktstrahlung für das Bauteil i (siehe 3.4.3.2)
- $I_{D,i}$ diffuse Solarstrahlung auf der Fassade i , in W/m^2
- $F_{dl,D}$ Tageslichtfaktor für Diffusstrahlung: 115 lm/W

$F_{s,D,i}$ Verschattungsfaktor für Diffusstrahlung für das Bauteil i (siehe 3.4.2.1)
 $\tau_{v,tot,D,i}$ gesamter Lichttransmissionsgrad für Diffusstrahlung für das Bauteil i (siehe 3.4.3.2)

Bei Sonnenschutzvorrichtungen mit Umlenkensystem (Kategorie 1 gemäss Tabelle 8) ist die Berechnung für die Teile mit und ohne Umlenkung separat vorzunehmen.

3.4.2 Verschattungsfaktoren

3.4.2.1 Die Verschattungsfaktoren für Direkt- und Diffusstrahlung berechnen sich aus den Faktoren für Horizont, Überhang und Seitenblende:

$$F_{S,B} = F_{S1} \cdot F_{S2,B} \cdot F_{S3,B,l} \cdot F_{S3,B,r} \quad (12)$$

F_{S1} Verschattungsfaktor Horizont (Topographie und andere Gebäude)
 $F_{S2,B}$ Verschattungsfaktor Überhang für direkte Strahlung
 $F_{S3,B,l}$ Verschattungsfaktor Seitenblende links für direkte Strahlung
 $F_{S3,B,r}$ Verschattungsfaktor Seitenblende rechts für direkte Strahlung

$$F_{S,D} = F_{S2,D} \cdot F_{S3,D,l} \cdot F_{S3,D,r} \quad (13)$$

$F_{S2,D}$ Verschattungsfaktor Überhang für diffuse Strahlung
 $F_{S3,D,l}$ Verschattungsfaktor Seitenblende links für diffuse Strahlung
 $F_{S3,D,r}$ Verschattungsfaktor Seitenblende rechts für diffuse Strahlung

Sämtliche Teil-Verschattungsfaktoren werden auch für die Berechnung der externen Wärmeeinträge benötigt und sind der Berechnung nach SIA 2044 zu entnehmen.

3.4.3 Sonnenschutz

3.4.3.1 Der Sonnenschutz wird simultan mit der Berechnung der solaren Wärmeeinträge nach SIA 2044 (sobald die totale Solarstrahlung $I_{G,i}$ auf der Fensterebene i über den Grenzwert $I_{G,i,set}$ steigt) berücksichtigt.

3.4.3.2 Der gesamte Lichttransmissionsgrad $\tau_{v,tot}$ muss für jedes transparente Bauteil berechnet werden und hängt von der Qualität, dem Funktionstyp der Sonnenschutzsteuerung und vom Einstrahlwinkel ab.

$$\tau_{v,tot} = \frac{\tau_{v,G} \cdot \tau_{v,sp,B}}{1 - \rho_{v,G} \cdot \rho_{v,sp,B}} \cdot F_{sp,B,\beta} \cdot F_{sp,B,\delta} \quad (14)$$

$\tau_{v,G}$ Lichttransmissionsgrad der Verglasung
 $\tau_{v,sp,B}$ Lichttransmissionsgrad des Sonnenschutzes für direkte Strahlung
 $\rho_{v,G}$ Lichtreflexionsgrad der Verglasung
 $\rho_{v,sp,B}$ Lichtreflexionsgrad des Sonnenschutzes für direkte Strahlung
 $F_{sp,B,\beta}$ Korrekturfaktor des Lichttransmissionsgrades für direkte Strahlung für den Lamellwinkel
 $F_{sp,B,\delta}$ Korrekturfaktor des Lichttransmissionsgrades für direkte Strahlung für die Sonnenhöhe

$$\tau_{v,tot,D} = \frac{\tau_{v,G} \cdot \tau_{v,sp,D}}{1 - \rho_{v,G} \cdot \rho_{v,sp,D}} \cdot F_{sp,D,\beta} \quad (15)$$

$\tau_{v,sp,D}$ Lichttransmissionsgrad des Sonnenschutzes für diffuse Strahlung
 $\rho_{v,sp,D}$ Lichtreflexionsgrad des Sonnenschutzes für diffuse Strahlung
 $F_{sp,D,\beta}$ Korrekturfaktor des Lichttransmissionsgrades für diffuse Strahlung für den Lamellen-Anstellwinkel

3.4.3.3 Bei Stoffbehang sind $\tau_{v,sp,B}$ und $\tau_{v,sp,D}$ gleich $\tau_{v,sp}$.

3.4.3.4 Bei Stoffbehang und Sonnenschutzsteuerung Typ X = 1 oder 2 gemäss Tabelle 9 sind $F_{sp,B,\beta}$, $F_{sp,B,\delta}$ und $F_{sp,D,\beta} = 1$. Bei Typ X = 3 kann ein Ausstellen des Sonnenschutzes berücksichtigt werden und die Verschattungsfaktoren sind gemäss SN EN 14500 zu bestimmen.

3.4.3.5 Bei Lamellenstoren sind $\tau_{v,sp,B} = \tau_{v,B,45}$, $\rho_{v,sp,B} = \rho_{v,B,45}$ sowie $\tau_{v,sp,D} = \tau_{v,D,45}$ und $\rho_{v,sp,D} = \rho_{v,B,D}$ einzusetzen.

- $\tau_{v,B,45}$ Lichttransmissionsgrad des Sonnenschutzes für direkte Strahlung in Arbeitsstellung (45°) bei Sonnenhöhe 45° gemäss SN EN 14500
- $\rho_{v,B,45}$ Lichtreflexionsgrad des Sonnenschutzes für direkte Strahlung in Arbeitsstellung (45°) bei Sonnenhöhe 45° gemäss SN EN 14500
- $\tau_{v,D,45}$ Lichttransmissionsgrad des Sonnenschutzes für diffuse Strahlung in Arbeitsstellung (45°) bei Sonnenhöhe 45° gemäss SN EN 14500
- $\rho_{v,D,45}$ Lichtreflexionsgrad des Sonnenschutzes für diffuse Strahlung in Arbeitsstellung (45°) bei Sonnenhöhe 45° gemäss SN EN 14500

Dazu sind Herstellerangaben zu verwenden. Falls keine näheren Angaben vorliegen, sind abhängig von der Art des Sonnenschutzes gemäss 3.3.2.9 die Werte von Tabelle 8 einzusetzen.

Tabelle 8 Werte für die Berechnung des Transmissionsgrades des Sonnenschutzes

Kategorie Sonnenschutz	Art des Sonnenschutzes	Umlenkensystem	Reflexionsgrad des Materials	Transmissionsgrad des Materials	Reflexionsgrad aussen der Verglasung
1	Lamellen	Lamellenwinkel konstant 0° im Umlenkbereich	0,7	0	0,125
	Stoffbehang	Sonnenschutz nicht aktiv im Umlenkbereich	0,5	0,25	
2	Lamellen	–	0,7	0	
3	Lamellen	–	0,5	0	
	Stoffbehang		0,35	0,25	
4	Lamellen	–	0,3	0	
	Stoffbehang		0,25	0,10	
5	Stoffbehang	–	0,2	0,05	

3.4.3.6 Die Korrekturfaktoren des Lichttransmissionsgrades für den Lamellen-Anstellwinkel sind:

$$F_{sp,B,\beta} = 1 - \frac{\beta - 45^\circ}{45^\circ} \quad (16)$$

$$F_{sp,D,\beta} = -1,1 \cdot 10^{-6} \cdot \beta^3 - 5 \cdot 10^{-5} \cdot \beta^2 + 1,2 \quad (17)$$

3.4.3.7 Der Lamellen-Anstellwinkel in (16) und (17) wird für die drei Funktionstypen der Sonnenschutzsteuerung gemäss Tabelle 9 berechnet.

Tabelle 9 Berechnung des Lamellen-Anstellwinkels für die drei Funktionstypen der Sonnenschutzsteuerung

Funktionstyp	Typ in SIA 411	Beschrieb	Berechnung des Lamellen-Anstellwinkels
Motorbetrieben mit manueller Betätigung	X = 1	Die Lamellen gehen in Arbeitsposition 45° und werden mehr geschlossen, wenn Direktstrahlung eindringen würde. Sie werden nicht mehr zurückgestellt, wenn sie mehr geschlossen sind.	$\beta = \max(45^\circ ; 90^\circ - 2 \cdot \delta_{s,n} ; \beta_{h-1}) \quad (18)$ β_{h-1} Lamellen-Anstellwinkel der vorangehenden Stunde

Tabelle 9 Berechnung des Lamellen-Anstellwinkels für die drei Funktionstypen der Sonnenschutzsteuerung (Fortsetzung)

Funktionstyp	Typ in SIA 411	Beschrieb	Berechnung des Lamellen-Anstellwinkels
Motorbetrieben mit automatischer Steuerung (mit oder ohne Berücksichtigung der Verschattung)	X = 2	Die Lamellen gehen in Arbeitsposition 45° und werden mehr geschlossen, wenn Direktstrahlung eindringen würde.	$\beta = \max(45^\circ ; 90^\circ - 2 \cdot \delta_{s,n})$ (19)
Motorbetrieben mit automatischer Steuerung und Lamellen-nachführung	X = 3	Die Lamellen gehen in die optimale Position, so dass keine Direktstrahlung eindringt.	$\beta = \max[0^\circ ; \min(90^\circ ; 90^\circ - 2 \cdot \delta_{s,n})]$ (20)

3.4.3.8 Die orthogonale Sonnenhöhe $\delta_{s,n}$ ist

$$\delta_{s,n} = \arctg \left(\frac{\text{tg} \delta_s}{\cos \alpha_j} \right) \quad (21)$$

δ_s Sonnenhöhe

α_j relatives Sonnenazimut gegenüber der Flächennormale

3.4.3.9 Der Korrekturfaktor des Lichttransmissionsgrades für direkte Strahlung $F_{sp,B,\delta}$ für die Sonnenhöhe beträgt

$$F_{sp,B,\delta} = 1 - 0,1 \cdot \frac{\delta_{s,n} - 45^\circ}{20^\circ} \quad (22)$$

3.4.4 Beleuchtungsleistung

3.4.4.1 Aktuelle stündliche Beleuchtungsleistung während der Einschaltdauer

Sie berechnet sich wie folgt:

$$P_{L,act} = p_L \cdot [A_{NGF,dl} \cdot F_{c,dl} + (A_{NGF} - A_{NGF,dl}) \cdot F_{c,Pr}] \quad (23)$$

$P_{L,act}$ aktuelle stündliche Beleuchtungsleistung

p_L spezifische Leistung Beleuchtung, in W/m²

$A_{NGF,dl}$ mit Tageslicht versorgte Nettogeschossfläche (siehe 3.4.4.3)

$F_{c,dl}$ Faktor für Beleuchtungssteuerung nach Tageslicht (siehe 3.4.4.2)

A_{NGF} Nettogeschossfläche, in m²

$F_{c,Pr}$ Faktor für Beleuchtungssteuerung nach Präsenz (siehe 3.4.4.4)

In Raumbereichen, welche ausserhalb der mit Tageslicht versorgten Nettogeschossfläche $A_{NGF,dl}$ liegen, bleiben somit die Leuchten eingeschaltet.

Die Einschaltdauer entspricht nutzungsspezifisch den Stunden mit $f_{p,h} > 0$ gemäss SIA 2024. Wenn keine genaueren Angaben vorliegen, ist für die Raumbeleuchtung immer von automatischer Beleuchtungssteuerung nach Präsenz und Tageslicht auszugehen.

Die Akzentbeleuchtung ist während der Einschaltdauer immer eingeschaltet.

3.4.4.2 Beleuchtungssteuerung nach Tageslicht

Die Faktoren für die Beleuchtungssteuerung nach Tageslicht werden gemäss Tabelle 10 bestimmt.

Tabelle 10 Faktoren für Beleuchtungssteuerung nach Tageslicht

Beleuchtungssteuerung nach 1.1.2.12	$F_{c,dl}$
Konstantlichtregelung mit LED-Lampen	$F_{c,dl} = \max\left(1 - \frac{E_{dl}}{E_{vm}}; 0\right) \quad (24)$
Manuelle Ein- und automatische Ausschaltung, für LED- und Leuchtstofflampen	$F_{c,dl} = \begin{cases} 1 & \text{wenn } E_{dl} < (E_{vm} - \Delta E_{vm}) \\ 0 & \text{wenn } E_{dl} > E_{vm} \text{ und } F_{c,dl,h-1} = 1 \\ F_{c,dl,h-1} & \text{sonst} \end{cases} \quad (25)$
Konstantlichtregelung mit Leuchtstofflampen	$F_{c,dl} = \max\left(1 - 0,8 \cdot \frac{E_{dl}}{E_{vm}}; 0,2\right) \quad (26)$
Automatische Ein/Aus-Schaltung	$F_{c,dl} = \begin{cases} 1 & \text{wenn } E_{dl} < E_{vm} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \quad (27)$
Manuelle Ein/Aus-Schaltung mit zusätzlicher zeitgesteuerter Ausschaltung	$F_{c,dl} = \begin{cases} 1 & \text{wenn } E_{dl} < (E_{vm}) \\ 0 & \text{wenn } [E_{dl} > (E_{vm} + \Delta E_{vm}) \text{ und } F_{c,dl,h-1} = 1] \\ & \text{oder } [E_{dl} > E_{vm} \text{ und } (h = 10 \text{ oder} \\ & h = 13 \text{ oder } h = 16 \text{ oder } h = 19)] \\ F_{c,dl,h-1} & \text{sonst} \end{cases} \quad (28)$
Manuelle Ein/Aus-Schaltung	$F_{c,dl} = \begin{cases} 1 & \text{wenn } E_{dl} < E_{vm} \\ 0 & \text{wenn } E_{dl} > (E_{vm} + \Delta E_{vm}) \text{ und } F_{c,dl,h-1} = 1 \\ F_{c,dl,h-1} & \text{sonst} \end{cases} \quad (29)$

Die Schalthysterese beträgt $\Delta E_{vm} = 0,5 \cdot E_{vm}$.

3.4.4.3 Verfügbares Tageslicht

Die Tageslichtnutzung wird für die Fläche $A_{NGF,dl}$ entlang den mit Fenstern versehenen Fassaden berücksichtigt. Die mit Tageslicht versorgte Fläche entspricht der Raumlänge mal der mit Tageslicht versorgten Raumtiefe. Diese beträgt

- bei Sonnenschutzvorrichtungen mit Umlenksystem (Kategorie 1 gemäss Tabelle 8) bis maximal zur dreifachen lichten Raumhöhe,
- bei allen übrigen Sonnenschutzvorrichtungen bis maximal zur zweifachen lichten Raumhöhe.

Unter Berücksichtigung des Raumwirkungsgrades η_R wird aus dem Verhältnis von Tageslichtstrom Φ_{dl} zu $A_{NGF,dl}$ die durchschnittliche Tageslichtbeleuchtungsstärke E_{dl} berechnet.

$$E_{dl} = \frac{\eta_R \cdot \Phi_{dl}}{A_{NGF,dl}} \cdot (1 - 0,55 \cdot h_{ji}) \quad (30)$$

h_{ji} Sturzhöhe, in m

Der Raumwirkungsgrad η_R wird gemäss 3.2.5.5 berechnet, wobei für die Berechnung des Raumindexes die effektive Raumtiefe und die Distanz zwischen Bewertungsebene und Decke, sowie für die Faktoren f_1 und f_2 je nach Standardkombination der Reflexionsgrade die Werte für die Lichtverteilcharakteristik «direkt-indirekt» gemäss Tabelle 5 einzusetzen sind.

3.4.4.4 Beleuchtungssteuerung nach Präsenz

Der Faktor für die Beleuchtungssteuerung nach Präsenz $F_{c,Pr}$ wird wie folgt berechnet:

$$F_{c,Pr} = f_{P,m} \cdot f_{P,h} + (1 - f_{P,m} \cdot f_{P,h}) \cdot k_{Pr} \cdot k_{si} \quad (31)$$

$f_{P,m}$ monatlicher Präsenzfaktor für Personen gemäss SIA 2024

$f_{P,h}$ stündlicher Präsenzfaktor für Personen gemäss SIA 2024

k_{Pr} Korrekturfaktor Präsenzmelder gemäss Tabelle 6 und Fussnote (*) zu Tabelle 7

k_{si} Korrekturfaktor für Gleichzeitigkeit gemäss Tabelle 7

4 ANFORDERUNGEN

4.1 Allgemeines

4.1.1 Grenz- und Zielwerte

4.1.1.1 Grenzwerte und allgemeine Anforderungen an die Beleuchtung sind bei Neu- und Umbauten sowie beim Ersatz einzelner bestehender Beleuchtungsanlagen einzuhalten.

4.1.1.2 Zielwerte sind bei Neubauten und beim Ersatz bestehender Anlagen anzustreben.

4.1.2 Einzel- und Systemanforderungen

Es werden Einzelanforderungen an die Leuchten oder Systemanforderungen an den Elektrizitätsbedarf Beleuchtung gestellt. Einzelanforderungen eignen sich vor allem für Teilflächen und in kleinen Gebäuden (bis max. 1000 m²). Für mittlere und grössere Zweckbauten wird die Erstellung des Energienachweises mit den Systemanforderungen empfohlen.

4.2 Einzelanforderungen

4.2.1 Voraussetzungen

Die Anwendung der Einzelanforderungen setzt Folgendes voraus:

- Die Wartungswerte der Beleuchtungsstärke in den Bereichen der Sehaufgabe und die Blendbegrenzung (UGR) müssen mindestens den Werten von SN EN 12464-1 entsprechen.
- Der Korrekturfaktor für den Sonnenschutz muss mindestens 1,4 betragen (vgl. 3.3.2.9).
- Die Reflexionsgrade des Raumes sollen mindestens der Standardkombination normal (vgl. 3.2.5.3) entsprechen.

4.2.2 Anforderungen an die Leuchten-Lichtausbeute

4.2.2.1 Die Anforderungen werden für verschiedene Leuchtenkategorien in Funktion des Gesamtlichtstroms festgelegt. Die verwendete Funktion basiert auf derjenigen der Energieetikette für Lampen (EU-Verordnung Nr. 874/2012). Die Verlustleistung des Betriebsgerätes ist eingeschlossen.

4.2.2.2 Für die Leuchten-Lichtausbeute $\eta_{v,Lo}$ gelten die Grenz- und Zielwerte gemäss den Gleichungen 32 oder 33 bzw. Figur 3. Ausnahmen von diesen Anforderungen sind zulässig für Leuchten mit maximal 5% der gesamten installierten Leistung.

$$\text{Für } \Phi_v < 1300 \text{ lm: } \eta_{v,Lo} = \frac{\Phi_v}{EEI \cdot (0,88 \cdot \sqrt{\Phi_v} + 0,049 \cdot \Phi_v)} \quad (32)$$

$$\text{Für } \Phi_v \geq 1300 \text{ lm: } \eta_{v,Lo} = \frac{13,6261}{EEI} \quad (33)$$

$\eta_{v,Lo}$ Leuchten-Lichtausbeute, in lm/W

Φ_v Gesamtlichtstrom der Leuchte, in lm

EEI Energie-Effizienz-Index

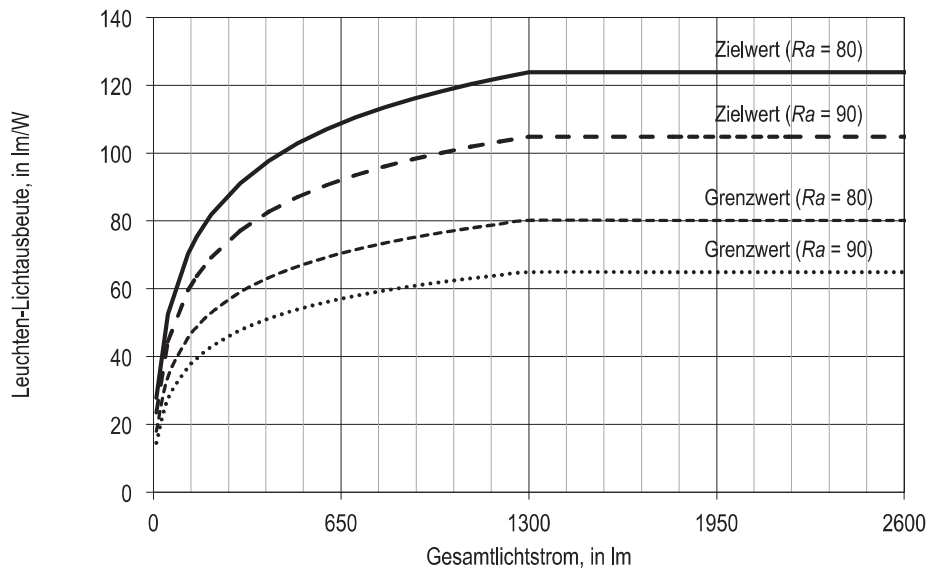
Für einen Farbwiedergabe-Index von $Ra = 80$ gilt:

- Grenzwert: $EEI = 0,17$ (entspricht Energieeffizienzklasse A+)
- Zielwert: $EEI = 0,11$ (entspricht Energieeffizienzklasse A++)

Für einen Farbwiedergabe-Index von mind. $Ra = 90$ gilt:

- Grenzwert: $EEI = 0,21$
- Zielwert: $EEI = 0,13$

Figur 3 Grenz- und Zielwerte für die Leuchten-Lichtausbeute $\eta_{v,Lo}$ in lm/W



4.2.3 Anforderungen an die Beleuchtungssteuerung

Bei der Beleuchtungssteuerung nach Tageslicht soll vorzugsweise der Funktionstyp *Konstantlichtregelung*, *automatische Ein/Aus-Schaltung* oder *automatische Aus-Schaltung* und bei der Beleuchtungssteuerung nach Präsenz der Funktionstyp *automatische Ein/Aus-Schaltung* oder *automatische Aus-Schaltung* gewählt werden, ausser in Nutzungen mit dauernder Präsenz oder mit sensiblen Nutzern (vgl. 3.3.3.2).

4.3 Systemanforderungen

4.3.1 Allgemeines

- 4.3.1.1 Die Systemanforderungen an den Elektrizitätsbedarf Beleuchtung ergeben sich aus einem Vergleichsprojekt, bei welchem für die von den Planern nicht beeinflussbaren Parameter (Nutzung, Raumgrösse, Fassadenausrichtung usw.) die projektspezifischen Werte und für die von den Planern beeinflussbaren Parameter (Glasanteil der Fassade, g -Wert, Reflexionsgrad des Raumes usw.) Standardannahmen einzusetzen sind. Dadurch wird eine ganzheitliche Optimierung aller beeinflussbaren Parameter ermöglicht. Die Anforderungen sind unabhängig von den nicht beeinflussbaren Parametern immer mit vergleichbarem Aufwand einzuhalten.
- 4.3.1.2 Die Grenz- und Zielwerte für den spezifischen Elektrizitätsbedarf Beleuchtung ergeben sich durch Anwendung der Berechnungsmethoden gemäss 3.2 und 3.3 (Methode 1) bzw. 3.4 (Methode 2) mit den Standardannahmen gemäss 4.3.2.
- 4.3.1.3 Für die Referenzwerte der Beleuchtungsstärke E_0 werden die der geplanten Nutzung entsprechenden Werte gemäss Tabelle 4 eingesetzt.
- 4.3.1.4 Bei Nutzungen, die nicht in Tabelle 4 bzw. SIA 2024 aufgeführt sind, werden die Beleuchtungsstärken von SN EN 12464-1 oder einer anderen spezifischen Richtlinie (z.B. für alters- und sehbehindertengerechte Beleuchtung im Innenraum) verwendet. Die Anwendung einer nicht dokumentierten Referenzbeleuchtungsstärke ist zu begründen. Nutzungen ausserhalb der Standardnutzungen nach SIA 2024 werden als Spezialnutzungen bezeichnet.

4.3.2 Standardannahmen im Vergleichsprojekt für die Berechnung von Grenz- und Zielwert

Die Grenz- und Zielwerte des spezifischen Elektrizitätsbedarfs Beleuchtung für das Vergleichsprojekt ergeben sich mit den Standardannahmen gemäss den Tabellen 11 und 12.

Tabelle 11 Kriterien und Standardannahmen zur Ermittlung der Leistung p_L im Vergleichsprojekt

Kriterien	Grenzwert	Zielwert
Referenzbeleuchtungsstärke E_0 (Tabelle 4)	nutzungsabhängig	
Wartungsfaktor MF (3.2.2)	0,8	
Leuchten-Lichtausbeute $\eta_{v,Lo}$ (3.2.3)	70 lm/W	100 lm/W
Raumindex k_R (3.2.5.2)	projektspezifisch	
Raumhelligkeit (3.2.5.3)	normal	hell
Lichtverteilcharakteristik (Tabelle 5)	direkt breit strahlend	

Tabelle 12 Kriterien und Standardannahmen zur Ermittlung der Volllaststundenzahl t_L (Methode 1) bzw. der stündlichen Beleuchtungsleistungen P_L (Methode 2) im Vergleichsprojekt

Kriterien	Grenzwert	Zielwert
Glasflächenzahl z_g	projektspezifisch	
Typ der Beleuchtungssteuerung nach Tageslicht (3.3.2.4)	manuelle Schaltung	Konstantlichtregelung mit LED-Lampen
Reflexionsgrad (3.3.2.5)	normal	hell
Transmissionsgrad (3.3.2.6)	0,7	
Höhe Fenstersturz (3.3.2.7)	0,2 m	
Balkone (3.3.2.8)	keine	
Art des Sonnenschutzes (3.3.2.9 bzw. Tabelle 8)	mittelhelle Lamellen (ρ mind. 50 %) oder lichtdurchlässiger Stoffbehang (τ mind. 30 %), Kategorie 3	helle Lamellen oder Stoffbehang, Kategorie 1
Typ der Sonnenschutzsteuerung (3.3.2.9 bzw. Tabelle 9)	automatische Steuerung, Regelstrategie 3	automatische Steuerung, Regelstrategie 1
Horizontverschattung (3.3.2.10)	projektspezifisch	
Beleuchtungssteuerung nach Präsenz (Tabelle 6)	manuelle Schaltung	dauernde Präsenz: manuelle Schaltung normale Präsenz: auto off, 5 Minuten sporadische Präsenz: auto off, 5 Minuten
Korrekturfaktor Gleichzeitigkeit k_{si} (Tabelle 7)	nutzungsabhängig	

4.3.3 Grenz- und Zielwerte für die Standardnutzungen

Für die Standardnutzungen gemäss SIA 2024 und für typische Raumdimensionen, Glasflächenzahlen und Nutzungsstunden sind die Grenz- und Zielwerte in Tabelle 13 angegeben.

4.3.4 Gebäudeanforderung

Die Anforderungen an den spezifischen Elektrizitätsbedarf Beleuchtung für die einzelnen Räume müssen nicht eingehalten werden, wenn nachgewiesen ist, dass die Anforderung an den spezifischen Elektrizitätsbedarf Beleuchtung des Gebäudes eingehalten ist. Dieser ergibt sich aus dem flächengewichteten Mittel der Grenzwerte bzw. Zielwerte der beleuchteten Räume, für welche Grenz- und Zielwerte definiert sind.

Anhang A (informativ) Typische Grenz- und Zielwerte

Für die Standardnutzungen gemäss SIA 2024 und die zugehörigen Annahmen für Raumgrösse, Nutzungsstunden und Glasflächenanteil (siehe Tabelle 14) ergeben sich typische Grenz- und Zielwerte für die Beleuchtung. Die Grenz- und Zielwerte sind nach der Methode 1 (Ziffern 3.2 und 3.3) gerechnet. Mit der Methode 2 (Ziffer 3.4) können sich abweichende Anforderungswerte ergeben.

Tabelle 13 Typische Grenz- und Zielwerte für die spezifische elektrische Leistung p_L , die Volllaststundenzahl t_L (gerundet auf 50h) und den jährlichen spezifischen Elektrizitätsbedarf Beleuchtung E_L

Nr.	Raumnutzung	spezif. Leistung W/m ²		Volllaststunden h		spezif. Elektrizitätsbedarf kWh/m ²	
		für Grenz- wert	für Ziel- wert	für Grenz- wert	für Ziel- wert	Grenz- wert	Zielwert
2.1	Hotelzimmer	7,7	5,0	650	450	5,0	2,2
2.2	Empfang, Lobby	6,6	4,3	3750	2750	24,8	11,8
3.1	Einzel-, Gruppenbüro	12,5	8,1	1400	350	17,5	2,8
3.2	Grossraumbüro	9,8	6,4	1950	1100	19,2	7,0
3.3	Sitzungszimmer	12,5	8,1	750	200	9,4	1,6
3.4	Schalterhalle, Empfang	7,1	4,6	1200	450	8,5	2,1
4.1	Schulzimmer	11,0	7,2	1300	450	14,4	3,2
4.2	Lehrerzimmer	7,5	4,9	1150	250	8,6	1,2
4.3	Bibliothek	5,9	3,8	1350	550	8,0	2,1
4.4	Hörsaal	9,8	6,4	1700	950	16,7	6,0
4.5	Schulfachraum	11,0	7,2	1300	450	14,4	3,2
5.1	Lebensmittelverkauf	14,9	9,7	4000	4000	59,8	38,8
5.2	Fachgeschäft	14,9	9,7	4000	4000	59,8	38,8
5.3	Verkauf Möbel, Bau, Garten	12,0	7,8	4000	4000	47,8	31,0
6.1	Restaurant	5,9	3,8	2500	1450	14,7	5,5
6.2	Selbstbedienungsrestaurant	3,5	2,3	1500	900	5,3	2,0
6.3	Küche zu Restaurant	18,8	12,2	2450	1700	45,9	20,7
6.4	Küche zu SB-Restaurant	14,7	9,5	1900	1550	28,0	14,8
7.1	Vorstellungsraum	7,0	4,5	3000	3000	20,9	13,5
7.2	Mehrzweckhalle	7,0	4,5	2750	1950	19,2	8,8
7.3	Ausstellungshalle	7,0	4,5	2750	1950	38,3	17,6
8.1	Bettenzimmer	6,8	4,4	1550	800	10,5	3,5
8.2	Stationszimmer	12,5	8,1	5650	4400	70,8	35,7
8.3	Behandlungsraum	12,5	8,1	1650	650	30,9	7,9
9.1	Produktion (grobe Arbeit)	7,0	4,5	3950	2300	27,5	10,4
9.2	Produktion (feine Arbeit)	11,6	7,5	1550	750	18,0	5,6
9.3	Laborraum	12,8	8,3	1200	400	15,3	3,3
10.1	Lagerhalle	7,3	4,7	3950	2300	28,7	10,8
11.1	Turnhalle	11,3	7,3	2150	1100	24,3	8,1
11.2	Fitnessraum	6,4	4,1	3150	1800	20,1	7,5
11.3	Schwimmhalle	7,3	4,7	2600	1300	18,9	6,1
12.1	Verkehrsfläche	3,5	2,3	1650	650	5,8	1,5

Tabelle 13 Typische Grenz- und Zielwerte für die spezifische elektrische Leistung p_L , die Volllaststundenzahl t_L (gerundet auf 50h) und den jährlichen spezifischen Elektrizitätsbedarf Beleuchtung E_L (Fortsetzung)

Nr.	Raumnutzung	spezif. Leistung W/m ²		Volllaststunden h		spezif. Elektrizitätsbedarf kWh/m ²	
		für Grenz-wert	für Ziel-wert	für Grenz-wert	für Ziel-wert	Grenz-wert	Zielwert
12.2	Verkehrsfläche 24h (Spitäler)	7,1	4,6	3350	1550	23,6	7,1
12.3	Treppenhaus	7,1	4,6	1700	750	12,0	3,4
12.4	Nebenraum	3,0	1,9	1400	300	4,2	0,6
12.5	Küche, Teeküche	5,1	3,3	850	150	4,3	0,5
12.6	WC, Bad, Dusche	6,0	3,9	850	150	5,1	0,6
12.7	WC	9,9	6,4	800	150	7,9	1,0
12.8	Garderobe, Dusche	5,7	3,7	850	250	4,8	0,9
12.9	Parkhaus	1,4	0,9	1600	800	2,2	0,7
12.10	Wasch- und Trockenraum	8,5	5,5	1100	300	9,4	1,7
12.11	Kühlraum	2,8	1,8	50	50	0,1	0,1
12.12	Serverraum	3,3	2,2	50	50	0,2	0,1

Tabelle 14 Annahmen für Raumabmessungen, Nutzungsstunden und Glasflächenzahlen für die Standardnutzungen gemäss SIA 2024 (Stundenwerte gerundet auf 50h)

Nr.	Standardnutzung	Raumabmessungen			Nutzungsstunden			Glas-Anteil %
		Länge l_R m	Breite d_R m	Höhe h_R m	pro Tag t_{ud}	pro Nacht t_{un}	pro Jahr t_u	
2.1	Hotelzimmer	4	5	2,5	3	3	1550	30
2.2	Empfang, Lobby	12	12	4	11	9	5100	50
3.1	Einzel-, Gruppenbüro	6	6	3	11		2300	50
3.2	Grossraumbüro	12	12	3	11		2300	50
3.3	Sitzungszimmer	6	6	3	6		1250	50
3.4	Schalterhalle, Empfang	12	12	4	11		2300	50
4.1	Schulzimmer	10	7	3	11		2000	50
4.2	Lehrerzimmer	6	6	3	11		2000	50
4.3	Bibliothek	12	12	3	11		2000	50
4.4	Hörsaal	12	12	3	11		2000	50
4.5	Schulfachraum	10	7	3	11		2000	50
5.1	Lebensmittelverkauf*	20	20	4	11	5 *	4000	0
5.2	Fachgeschäft*	20	20	4	11	5 *	4000	0
5.3	Verkauf Möbel, Bau, Garten*	20	20	4	11	5 *	4000	0
6.1	Restaurant	12	12	3	6	6	3000	50
6.2	Selbstbedienungsrestaurant	20	20	3	7		1750	50
6.3	Küche zu Restaurant	6	6	3	8	5	3250	50
6.4	Küche zu SB-Restaurant	12	12	3	9		2250	50
7.1	Vorstellungsraum	20	20	7	6	6	3000	0
7.2	Mehrzweckhalle	20	20	7	11	5	4000	50

*) Abweichung zu SIA 2024

Tabelle 14 Annahmen für Raumabmessungen, Nutzungsstunden und Glasflächenzahlen für die Standardnutzungen gemäss SIA 2024 (Stundenwerte gerundet auf 50h) (Fortsetzung)

Nr.	Standardnutzung	Raumabmessungen			Nutzungsstunden			Glas-Anteil %
		Länge l_R m	Breite d_R m	Höhe h_R m	pro Tag t_{ud}	pro Nacht t_{un}	pro Jahr t_u	
7.3	Ausstellungshalle	20	20	7	11	5	4000	50
8.1	Bettzimmer	6	6	2,5	11	3	4100	50
8.2	Stationszimmer	6	6	3	11	13	7000	50
8.3	Behandlungsraum	6	6	3	11		2750	50
9.1	Produktion (grobe Arbeit)	20	20	7	11	13	5000	50
9.2	Produktion (feine Arbeit)	20	20	7	11	0	2300	50
9.3	Laborraum	10	7	4	11		2300	50
10.1	Lagerhalle	20	20	7	11	13	5000	50
11.1	Turnhalle	30	20	7	10	5	3150	50
11.2	Fitnessraum	12	12	3	10	5	3750	50
11.3	Schwimmbhalle	20	20	7	10	5	3750	50
12.1	Verkehrsfläche	10	2	2,5	11	2	3800	6
12.2	Verkehrsfläche 24h (Spitäler)	10	2	2,5	11	13	7000	6
12.3	Treppenhaus	10	2	2,5	11	2	3800	6
12.4	Nebenraum	4	5	2,5	11	2	3800	30
12.5	Küche, Teeküche	4	5	2,5	11		2300	30
12.6	WC, Bad, Dusche	4	5	2,5	11		2300	30
12.7	WC	2	2	2,5	11		2300	30
12.8	Garderobe, Dusche	6	6	3	11	0	2750	30
12.9	Parkhaus	20	20	3	11		3200	0
12.10	Wasch- und Trockenraum	6	6	3	11	0	3200	30
12.11	Kühlraum	6	6	3	0,5		100	0
12.12	Serverraum	4	5	3	0,5		150	0

Anhang B (informativ) Werte für bestehende Gebäude

Analog zu den Grenz- und Zielwerten für die Standardnutzungen nach SIA 2024 können Elektrizitätsbedarfs-
werte für bestehende Gebäude formuliert werden. Im Unterschied zur Definition des Grenzwertes werden für
die Leuchten-Lichtausbeute Erfahrungswerte verwendet. Die übrigen Parameter entsprechen denjenigen des
Grenzwertes.

Tabelle 15 Typische Werte für den jährlichen spezifischen Elektrizitätsbedarf Beleuchtung E_L in bestehen-
den Gebäuden (Bestand) für die Standardnutzungen gemäss SIA 2024 im Vergleich zu den
Grenz- und Zielwerten

Nr.	Raumnutzung	spezifische Leistung W/m ²			spezifischer Elektrizitätsbedarf kWh/m ²		
		Bestand	Grenzwert	Zielwert	Bestand	Grenzwert	Zielwert
2.1	Hotelzimmer	16,5	7,7	5,0	10,7	5,0	2,2
2.2	Empfang, Lobby	13,2	6,6	4,3	49,6	24,8	11,8
3.1	Einzel-, Gruppenbüro	15,9	12,5	8,1	22,3	17,5	2,8
3.2	Grossraumbüro	12,5	9,8	6,4	24,4	19,2	7,0
3.3	Sitzungszimmer	15,9	12,5	8,1	11,9	9,4	1,6
3.4	Schalterhalle, Empfang	12,4	7,1	4,6	14,9	8,5	2,1
4.1	Schulzimmer	14,1	11,0	7,2	18,3	14,4	3,2
4.2	Lehrerzimmer	11,7	7,5	4,9	13,4	8,6	1,2
4.3	Bibliothek	10,3	5,9	3,8	13,9	8,0	2,1
4.4	Hörsaal	12,5	9,8	6,4	21,3	16,7	6,0
4.5	Schulfachraum	14,1	11,0	7,2	18,3	14,4	3,2
5.1	Lebensmittelverkauf	23,3	14,9	9,7	93,0	59,8	38,8
5.2	Fachgeschäft	23,3	14,9	9,7	93,0	59,8	38,8
5.3	Verkauf Möbel, Bau, Garten	18,6	12,0	7,8	74,4	47,8	31,0
6.1	Restaurant	10,3	5,9	3,8	25,8	14,7	5,5
6.2	Selbstbedienungsrestaurant	6,1	3,5	2,3	9,2	5,3	2,0
6.3	Küche zu Restaurant	23,9	18,8	12,2	58,5	45,9	20,7
6.4	Küche zu SB-Restaurant	18,8	14,7	9,5	35,6	28,0	14,8
7.1	Vorstellungsraum	10,8	7,0	4,5	32,5	20,9	13,5
7.2	Mehrzweckhalle	10,8	7,0	4,5	29,8	19,2	8,8
7.3	Ausstellungshalle	10,8	7,0	4,5	59,6	38,3	17,6
8.1	Bettzimmer	13,6	6,8	4,4	21,0	10,5	3,5
8.2	Stationszimmer	19,5	12,5	8,1	110,1	70,8	35,7
8.3	Behandlungsraum	15,9	12,5	8,1	39,4	30,9	7,9
9.1	Produktion (grobe Arbeit)	10,8	7,0	4,5	42,8	27,5	10,4
9.2	Produktion (feine Arbeit)	14,8	11,6	7,5	22,9	18,0	5,6
9.3	Laborraum	16,3	12,8	8,3	19,5	15,3	3,3
10.1	Lagerhalle	11,3	7,3	4,7	44,6	28,7	10,8
11.1	Turnhalle	17,6	11,3	7,3	37,8	24,3	8,1
11.2	Fitnessraum	9,9	6,4	4,1	31,3	20,1	7,5
11.3	Schwimmbhalle	11,3	7,3	4,7	29,4	18,9	6,1
12.1	Verkehrsfläche	7,1	3,5	2,3	11,6	5,8	1,5
12.2	Verkehrsfläche 24h (Spitäler)	12,4	7,1	4,6	41,4	23,6	7,1

Tabelle 15 Typische Werte für den jährlichen spezifischen Elektrizitätsbedarf Beleuchtung E_L in bestehenden Gebäuden (Bestand) für die Standardnutzungen gemäss SIA 2024 im Vergleich zu den Grenz- und Zielwerten (Fortsetzung)

Nr.	Raumnutzung	spezifische Leistung W/m ²			spezifischer Elektrizitätsbedarf kWh/m ²		
		Bestand	Grenzwert	Zielwert	Bestand	Grenzwert	Zielwert
12.3	Treppenhaus	12,4	7,1	4,6	21,0	12,0	3,4
12.4	Nebenraum	6,0	3,0	1,9	8,4	4,2	0,6
12.5	Küche, Teeküche	8,9	5,1	3,3	7,6	4,3	0,5
12.6	WC, Bad, Dusche	10,5	6,0	3,9	8,9	5,1	0,6
12.7	WC	17,3	9,9	6,4	13,8	7,9	1,0
12.8	Garderobe, Dusche	9,9	5,7	3,7	8,4	4,8	0,9
12.9	Parkhaus	2,9	1,4	0,9	4,6	2,2	0,7
12.10	Wasch- und Trockenraum	13,2	8,5	5,5	14,5	9,4	1,7
12.11	Kühlraum	5,7	2,8	1,8	0,3	0,1	0,1
12.12	Serverraum	6,7	3,3	2,2	0,3	0,2	0,1

Anhang C (informativ) Beispiele von Elektrizitätsbilanzen

Die Elektrizitätsbilanzen und die Anforderungen sind nach der Methode 1 (Ziffern 3.2 und 3.3) gerechnet. Mit der Methode 2 (Ziffer 3.4) können sich abweichende Projektwerte und Anforderungen ergeben.

c.1 Beispiel Bürohaus

Bürohaus, achtgeschossig, mit Empfangshalle und Kantine im EG, mit Aufzug

Tabelle 16 Elektrizitätsbilanz Projektwerte (Bestand)

Nutzung	Nettogeschossfläche m ²	Installierte Leistung kW	Volllaststunden h/a	Elektrizitätsbedarf MWh/a	Spezifischer Elektrizitätsbedarf kWh/m ²
Einzel-, Gruppenbüro	2000	31,8	1400	44,5	22,3
Grossraumbüro	2000	25,0	1950	48,8	24,4
Sitzungszimmer	200	3,2	750	2,4	11,9
Schalterhalle, Empfang	100	1,2	1200	1,5	14,9
Nebenräume	100	0,6	1400	0,8	8,4
Selbstbedienungsrestaurant	200	1,2	1500	1,8	9,2
Küche zu SB-Restaurant	50	0,9	1900	1,8	35,6
Verkehrsfläche	600	4,2	1650	7,0	11,6
Parkhaus	1000	2,9	1600	4,6	4,6
Gesamtergebnis	6250	71,1	1592	113,2	18,1

Tabelle 17 Vergleich Projektwerte und Anforderungen (spezifischer Elektrizitätsbedarf)

Nutzung	Nettogeschossfläche m ²	Projektwerte kWh/m ²	Grenzwerte kWh/m ²	Zielwerte kWh/m ²
Einzel-, Gruppenbüro	2000	22,3	17,5	2,8
Grossraumbüro	2000	24,4	19,2	7,0
Sitzungszimmer	200	11,9	9,4	1,6
Schalterhalle, Empfang	100	14,9	8,5	2,1
Nebenräume	100	8,4	4,2	0,6
Selbstbedienungsrestaurant	200	9,2	5,3	2,0
Küche zu SB-Restaurant	50	35,6	28,0	14,8
Verkehrsfläche	600	11,6	5,8	1,5
Parkhaus	1000	4,6	2,2	0,7
Gesamtergebnis	6250	18,1	13,5	3,7

c.2 Beispiel Schulhaus mit Turnhalle

Schulhaus, zweigeschossig, 10 Schulzimmer à 60 m², 5 Übungsräume à 40 m²; Turnhalle eingeschossig

Tabelle 18 Elektrizitätsbilanz Projektwerte (Bestand)

Nutzung	Nettogeschossfläche m ²	Installierte Leistung kW	Volllaststunden h/a	Elektrizitätsbedarf MWh/a	Spezifischer Elektrizitätsbedarf kWh/m ²
Schulzimmer	600	8,4	1300	11,0	18,3
Schulfachraum	200	2,8	1300	3,7	18,3
Turnhalle	200	3,5	2150	7,6	37,8
Garderoben, Duschen	100	1,0	850	0,8	8,4
Verkehrsfläche	200	1,4	1650	2,3	11,6
Gesamtergebnis	1300	17,2	1477	25,4	19,5

Tabelle 19 Vergleich Projektwerte und Anforderungen (spezifischer Elektrizitätsbedarf)

Nutzung	Nettogeschossfläche m ²	Projektwerte kWh/m ²	Grenzwerte kWh/m ²	Zielwerte kWh/m ²
Schulzimmer	600	18,3	14,4	3,2
Schulfachraum	200	18,3	14,4	3,2
Turnhalle	200	37,8	24,3	8,1
Garderoben, Duschen	100	8,4	4,8	0,9
Verkehrsfläche	200	11,6	5,8	1,5
Gesamtergebnis	1300	19,5	13,8	3,5

c.3 Beispiel Hotel mit Restaurant

Hotel, fünfgeschossig, OG: 40 Doppelzimmer à 20 m² und 17 Einzelzimmer à 12 m², EG: Restaurant, Empfang und Hotelbüro

Tabelle 20 Elektrizitätsbilanz Projektwerte (Bestand)

Nutzung	Nettogeschossfläche m ²	Installierte Leistung kW	Volllaststunden h/a	Elektrizitätsbedarf MWh/a	Spezifischer Elektrizitätsbedarf kWh/m ²
Hotelzimmer	1000	16,5	650	10,7	10,7
Restaurant	200	2,1	2500	5,2	25,8
Küche zu Restaurant	50	1,2	2450	2,9	58,5
Einzel-, Gruppenbüro	50	0,8	1400	1,1	22,3
Empfang, Lobby	30	0,4	3750	1,5	49,6
Verkehrsfläche	300	2,1	1650	3,5	11,6
Parkhaus	200	0,6	1600	0,9	4,6
Gesamtergebnis	1830	23,6	1092	25,8	14,1

Tabelle 21 Vergleich Projektwerte und Anforderungen (spezifischer Elektrizitätsbedarf)

Nutzung	Nettogeschoss- fläche m ²	Projektwerte kWh/m ²	Grenzwerte kWh/m ²	Zielwerte kWh/m ²
Hotelzimmer	1000	10,7	5,0	2,2
Restaurant	200	25,8	14,7	5,5
Küche zu Restaurant	50	58,5	45,9	20,7
Einzel-, Gruppenbüro	50	22,3	17,5	2,8
Empfang, Lobby	30	49,6	24,8	11,8
Verkehrsfläche	300	11,6	5,8	1,5
Parkhaus	200	4,6	2,2	0,7
Gesamtergebnis	1830	14,1	7,7	3,0

c.4 Beispiel Warenhaus

Warenhaus, viergeschossig, EG und 3 OG: Warenhaus, UG: Lebensmittelabteilung

Tabelle 22 Elektrizitätsbilanz Projektwerte (Bestand)

Nutzung	Netto- geschoss- fläche m ²	Installierte Leistung kW	Volllast- stunden h/a	Elektrizitäts- bedarf MWh/a	Spezifischer Elektrizitäts- bedarf kWh/m ²
Fachgeschäft	2000	46,5	4000	186,0	93,0
Lebensmittelverkauf	500	11,6	4000	46,5	93,0
Selbstbedienungsrestaurant	200	1,2	1500	1,8	9,2
Küche zu SB-Restaurant	50	0,9	1900	1,8	35,6
Einzel-, Gruppenbüro	100	1,6	1400	2,2	22,3
Parkhaus	500	1,4	1600	2,3	4,6
Gesamtergebnis	3350	63,3	3801	240,6	71,8

Tabelle 23 Vergleich Projektwerte und Anforderungen (spezifischer Elektrizitätsbedarf)

Nutzung	Nettogeschoss- fläche m ²	Projektwerte kWh/m ²	Grenzwerte kWh/m ²	Zielwerte kWh/m ²
Fachgeschäft	2000	93,0	59,8	38,8
Lebensmittelverkauf	500	93,0	59,8	38,8
Selbstbedienungsrestaurant	200	9,2	5,3	2,0
Küche zu SB-Restaurant	50	35,6	28,0	14,8
Einzel-, Gruppenbüro	100	22,3	17,5	2,8
Parkhaus	500	4,6	2,2	0,7
Gesamtergebnis	3350	71,8	46,2	29,5

Anhang D (informativ) Publikationen

D.1 Publikationen des SIA

Norm SIA 380/1	Heizwärmebedarf
Norm SIA 416	Flächen und Volumen von Gebäuden
Norm SIA 500	Hindernisfreie Bauten
Merkblatt SIA 2025	Begriffe in Bauphysik, Energie- und Gebäudetechnik

D.2 Schweizerische Verordnung

EnV	Energieverordnung, SR 730.01
-----	------------------------------

D.3 Europäische Richtlinien und Verordnungen

2009/125/EG	EU-Richtlinie zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte
2010/30/EU	EU-Richtlinie über die Angabe des Verbrauchs an Energie und anderen Ressourcen durch energieverbrauchsrelevante Produkte mittels einheitlicher Etiketten und Produktinformationen
244/2009/EG	Verordnung [...] im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Haushaltslampen mit ungebündeltem Licht
245/2009/EG	Verordnung [...] im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Leuchtstofflampen [...], Hochdruckentladungslampen sowie Vorschaltgeräten und Leuchten zu ihrem Betrieb [...]
874/2012/EU	Verordnung [...] im Hinblick auf die Energieverbrauchskennzeichnung von elektrischen Lampen und Leuchten
1194/2012/EU	Verordnung [...] im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Lampen mit gebündeltem Licht, LED-Lampen und dazugehörigen Geräten

D.4 Internationale Normen

CIE 117	Psychologische Blendung in der Innenraumbeleuchtung (Discomfort Glare in Interior Lighting)
IEC 60364-8-1	Low voltage electrical installations – Part 8-1: Energy efficiency

D.5 Richtlinien der Schweizer Licht Gesellschaft

SLG 101:1997	Innenraumbeleuchtung mit Tageslicht
SLG 102:2004	Natürliche und künstliche Beleuchtung von Schulen
SLG 103:1997	Messen und Bewerten von Beleuchtungsanlagen
SLG 104:2014	Alters- und sehbehindertengerechte Beleuchtung im Innenraum
SLG 501:2011	Messen und Beurteilen von Licht und Beleuchtungsanlagen – Teil 1: Generelle Betrachtungen
SLG 502:2011	Messen und Beurteilen von Licht und Beleuchtungsanlagen – Teil 2: Spezifische Anwendungen

Anhang E (informativ) Verzeichnis der Begriffe

Tabelle 24 Alphabetisches Verzeichnis der in Kapitel 1 definierten Begriffe

Deutsch	Französisch	Italienisch	Ziffer
Beleuchtung	Éclairage	Illuminazione	1.1.2.1
Beleuchtungsstärke	Éclairement lumineux	Illuminamento	1.1.2.2
Beleuchtungssteuerung nach Präsenz	Commande de l'éclairage selon la présence	Regolazione dell'illuminazione in base alla presenza	1.1.2.12
Beleuchtungssteuerung nach Tageslicht	Commande de l'éclairage selon la lumière diurne	Regolazione dell'illuminazione in base alla luce diurna	1.1.2.13
Elektrizitätsbedarf	Demande en électricité	Fabbisogno elettrico	1.1.1.14
Elektrizitätsbilanz	Bilan électrique	Bilancio elettrico	1.1.1.17
Energie-Effizienz-Index	Indice d'efficacité énergétique	Indice di efficienza energetica	1.1.1.20
Geschossfläche	Surface de plancher	Superficie del piano	1.1.1.1
Glasanteil	Taux de surface vitrée	Quota parte vetrata	1.1.2.11
Glasflächenzahl	Facteur de surface vitrée	Fattore di superficie vetrata	1.1.2.10
Grenzwert	Valeur limite	Valore limite	1.1.1.3
Leuchten-Lichtausbeute	Efficacité lumineuse des luminaires	Rendimento luminoso di lampade	1.1.2.4
Lichtreflexionsgrad	Facteur de réflexion lumineuse	Fattore di riflessione luminosa	1.1.2.7
Lichtstrom	Flux lumineux	Flusso luminoso	1.1.2.3
Nettogeschossfläche	Surface nette de plancher	Superficie netta del piano	1.1.1.2
Nutzungsbedingungen	Conditions d'utilisation	Condizioni d'utilizzo	1.1.1.8
Nutzungsstunden	Heures d'utilisation	Ore di utilizzo	1.1.1.9
Objektwerte	Valeurs de l'objet	Valori dell'oggetto	1.1.1.7
Projektwerte	Valeurs du projet	Valori di progetto	1.1.1.6
Raumgruppe	Groupe de locaux	Gruppo di locali	1.1.1.10
Raumindex	Indice du local	Indice del locale	1.1.2.5
Raumnutzung	Type d'utilisation	Tipologia di utilizzo	1.1.1.11
Raumwirkungsgrad	Utilance	Rendimento del locale	1.1.2.6
Sonnenschutzsteuerung	Commande de la protection solaire	Controllo della protezione solare	1.1.2.14
Spezifische elektrische Leistung	Puissance électrique spécifique	Potenza elettrica specifica	1.1.1.16
Spezifischer Elektrizitätsbedarf	Demande en électricité spécifique	Fabbisogno elettrico specifico	1.1.1.15
Standardannahmen	Hypothèses standard	Ipotesi standard	1.1.1.13
Standardnutzung	Utilisation standard	Utilizzo standard	1.1.1.12
UGR-Wert	Valeur UGR	Valore UGR	1.1.2.8
Vergleichsprojekt	Projet de référence	Progetto comparativo	1.1.1.5
Volllaststunden	Heures à pleine charge	Ore a pieno carico	1.1.1.18
Wartungsfaktor Beleuchtung	Facteur de maintenance pour l'éclairage	Fattore di manutenzione per l'illuminazione	1.1.2.9
Wirkungsgrad	Rendement	Rendimento	1.1.1.19
Zielwert	Valeur cible	Valore mirato	1.1.1.4

In der Kommission SIA 387 vertretene Organisationen

BFE	Bundesamt für Energie
Electrosuisse	Fachverband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
EnFK	Energiefachstellenkonferenz
FHNW	Fachhochschule Nordwestschweiz
SIA BGT	Berufsgruppe Technik des SIA
SIA KGE	Kommission für Gebäudetechnik- und Energienormen des SIA
SLG	Schweizer Licht Gesellschaft
VSEI	Verband Schweizerischer Elektro-Installationsfirmen

Kommission SIA 387

		Vertreter von
Präsident	Volker Wouters, dipl. El.-Ing. HTL/SIA, Pratteln	SIA KGE
Mitglieder	Jürg Bichsel, Prof. Dr., dipl. El.-Ing. ETH/SIA, Gipf-Oberfrick Armin Binz, Prof., dipl. Arch. ETH/SIA, Baden (bis 11/2015) Olivier Brenner, dipl. Ing. HTL, Herisau Stefan Gasser, dipl. El.-Ing. ETH/SIA, Zürich Rudolf Geissler, dipl. El.-Ing. FH, Zürich Olivier Meile, dipl. Ing. FH, Bern Martin Ménard, dipl. Masch.-Ing. ETH/SIA, Zürich Jürg Nipkow, dipl. El.-Ing. ETH/SIA, Zürich Josef Schmucki, eidg. dipl. Elektroinstallateur, Fehraltorf Markus Simon, dipl. Energietechniker FH, Zürich Jürg Tödtli, Dr. sc. techn., dipl. El.-Ing. ETH/SIA, Zürich Daniel Tschudy, dipl. Arch. ETH/SIA, Zollikerberg Werner Ulrich, Nyon Beat Willi, eidg. dipl. Elektroinstallateur, Zürich	SIA BGT, FHNW Architekt EnFK SIA KGE Planer BFE SIA KGE SIA KGE Electrosuisse Stadt Zürich, Bauherrschaft SIA KGE Planer, SLG Planer VSEI

Verantwortlicher Luca Pirovino, dipl. Kultur-Ing. ETH/SIA, Zürich
SIA GS

Genehmigung und Gültigkeit

Die Zentralkommission für Normen des SIA hat die vorliegende Norm SIA 387/4 am 9. März 2017 genehmigt.

Sie ist gültig ab 1. Mai 2017.

Sie ersetzt den Teil Beleuchtung (Ziffern 3.3 und 4.3) der Norm SIA 380/4 *Elektrische Energie im Hochbau*, Ausgabe 2006.

Copyright © 2017 by SIA Zurich

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdrucks, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und das der Übersetzung, sind vorbehalten.

Elektrizität in Gebäuden – Beleuchtung: Berechnung und Anforderungen – Korrigenda C1 zur Norm SIA 387/4:2017

Referenznummer
SN 565387/4-C1:2020 de

Gültig ab: 2020-04-01

Herausgeber
Schweizerischer Ingenieur- und
Architektenverein
Postfach, CH 8027 Zürich

SIA 387/4-C1:2020

Die vorliegende Korrigenda SIA 387/4-C1:2020 zur Norm SIA 387/4:2017 wurde von der SIA-Kommission für Gebäude-
technik- und Energienormen am 13. Februar 2020 genehmigt.

Sie ist gültig ab 1. April 2020.

Sie steht unter www.sia.ch/korrigenda > SIA 387/4 zur Verfügung.

Korrigenda C1 zur Norm SIA 387/4:2017 de (1. Auflage 2017-05)

Seite	Ziffer	bisher (Die Fehler sind fett und durchgestrichen markiert)	Korrektur (Die Korrekturen sind fett und kursiv markiert)
18	Tabelle 4 (Nr. 12.3 Treppenhaus)	$E_{vm} = \mathbf{200}$ $E_o = \mathbf{200}$	$E_{vm} = \mathbf{100}$ $E_o = \mathbf{100}$
20	3.3.2.1	$t_{L,11} = t_{L,min}$ für $z_g \leftarrow z_{g0}$	$t_{L,11} = t_{L,min}$ für $z_g \geq z_{g0}$
21	3.3.2.4	Der Korrekturfaktor Beleuchtungssteuerung nach Tageslicht k_{ctr} beträgt $k_{ctr} = 1,0$ für Konstantlichtregelung mit LED-Lampen $k_{ctr} = \mathbf{1,2}$ - für Konstantlichtregelung mit Leuchtstofflampen - für automatische Ausschaltung und manuelle Einschaltung (halbautomatischer Betrieb) - für automatische Ein/Aus-Schaltung (vollautomatischer Betrieb) $k_{ctr} = 1,5$ für manuelle Schaltung mit zeitgesteuerter Ausschaltung $k_{ctr} = 2,0$ für manuelle Schaltung	Der Korrekturfaktor Beleuchtungssteuerung nach Tageslicht k_{ctr} beträgt $k_{ctr} = 1,0$ für Konstantlichtregelung mit LED-Lampen $k_{ctr} = \mathbf{1,1}$ für Konstantlichtregelung mit Leuchtstofflampen $k_{ctr} = \mathbf{1,2}$ - für automatische Ausschaltung und manuelle Einschaltung (halbautomatischer Betrieb) - für automatische Ein/Aus-Schaltung (vollautomatischer Betrieb) $k_{ctr} = 1,5$ für manuelle Schaltung mit zeitgesteuerter Ausschaltung $k_{ctr} = 2,0$ für manuelle Schaltung
30	4.2.3	4.2.3 Anforderungen an die Beleuchtungssteuerung Bei der Beleuchtungssteuerung nach Tageslicht soll vorzugsweise der Funktionstyp Konstantlichtregelung, automatische Ein/Aus-Schaltung oder automatische Aus-Schaltung und bei der Beleuchtungssteuerung nach Präsenz der Funktionstyp automatische Ein/Aus-Schaltung oder automatische Aus-Schaltung gewählt werden, ausser in Nutzungen mit dauernder Präsenz oder mit sensiblen Nutzern (vgl. 3.3.3.2).	4.2.3 Anforderungen an die Beleuchtungssteuerung Bei der Beleuchtungssteuerung nach Tageslicht soll vorzugsweise der Funktionstyp Konstantlichtregelung, automatische Ein/Aus-Schaltung oder automatische Aus-Schaltung und bei der Beleuchtungssteuerung nach Präsenz der Funktionstyp automatische Ein/Aus-Schaltung oder automatische Aus-Schaltung gewählt werden, ausser in Nutzungen mit dauernder Präsenz oder mit sensiblen Nutzern (vgl. 3.3.3.2). Die Einstellwerte der automatischen Steuerfunktionen müssen einjustiert werden, vor allem bei der Beleuchtungssteuerung nach Tageslicht.

Tabelle 6 Korrekturfaktor Beleuchtungssteuerung nach Präsenz k_{Pr}

Funktionstyp	Nachlaufzeit Präsenzmelder	Normale Präsenz und dauernde Präsenz		Sporadische Präsenz	
		manuell on, auto off	auto on, auto off	manuell on, auto off	auto on, auto off
auto on-off oder manuell on / auto off	1 Minute	$k_{Pr} = 0,5$	$k_{Pr} = 0,6$	$k_{Pr} = 0,2$	$k_{Pr} = 0,3$
	2 Minuten	$k_{Pr} = 0,6$	$k_{Pr} = 0,7$	$k_{Pr} = 0,3$	$k_{Pr} = 0,4$
	5 Minuten	$k_{Pr} = 0,7$	$k_{Pr} = 0,8$	$k_{Pr} = 0,4$	$k_{Pr} = 0,5$
	15 Minuten	$k_{Pr} = 0,8$	$k_{Pr} = 0,9$	$k_{Pr} = 0,5$	$k_{Pr} = 0,6$
Manuelles Schalten mit zeitgesteuertem Aus		$k_{Pr} = 0,95$		$k_{Pr} = 0,8$	
Manuelles Schalten		$k_{Pr} = 1$			

Tabelle 7 Standardnutzungen nach SIA 2024 mit Präsenzart und Gleichzeitigkeitsfaktor k_{Si}

Nr.	Raumnutzung	Dauernde Präsenz*	Normale Präsenz	Sporadische Präsenz	Korrekturfaktor Gleichzeitigkeit k_{Si}
2.1	Hotelzimmer	x			0,5
2.2	Empfang, Lobby	x			1
3.1	Einzel-, Gruppenbüro		x		1
3.2	Grossraumbüro		x		1
3.3	Sitzungszimmer		x		1
3.4	Schalterhalle, Empfang	x			1
4.1	Schulzimmer		x		1
4.2	Lehrerzimmer		x		1
4.3	Bibliothek		x		1
4.4	Hörsaal		x		1
4.5	Schulfachraum		x		1
5.1	Lebensmittelverkauf	x			1
5.2	Fachgeschäft	x			1
5.3	Verkauf Möbel, Bau, Garten	x			1
6.1	Restaurant		x		1
6.2	Selbstbedienungsrestaurant		x		1
6.3	Küche zu Restaurant	x			1
6.4	Küche zu SB-Restaurant	x			1
7.1	Vorstellungsraum	x			1
7.2	Mehrzweckhalle	x			1
7.3	Ausstellungshalle	x			1
8.1	Bettzimmer	x			0,5
8.2	Stationszimmer	x			1
8.3	Behandlungsraum	x			1
9.1	Produktion (grobe Arbeit)	x	✖		1
9.2	Produktion (feine Arbeit)	x	✖		1
9.3	Laborraum	x			1
10.1	Lagerhalle		x		1
11.1	Turnhalle		x		1
11.2	Fitnessraum		x		1
11.3	Schwimmhalle		x		1
12.1	Verkehrsfläche			x	0,5
12.2	Verkehrsfläche (24-h-Spitäler)			x	0,5
12.3	Treppenhaus			x	0,5
12.4	Nebenraum			x	0,5
12.5	Küche, Teeküche			x	0,5
12.6	WC, Bad, Dusche			x	0,5
12.7	WC			x	0,5
12.8	Garderobe, Dusche			x	0,5
12.9	Parkhaus			x	0,5
12.10	Wasch- und Trockenraum			x	0,5
12.11	Kühlraum			x	0,5
12.12	Serverraum	x			0,5

Tabelle 12 Kriterien und Standardannahmen zur Ermittlung der Volllaststundenzahl t_L (Methode 1) bzw. der stündlichen Beleuchtungsleistungen P_L (Methode 2) im Vergleichsprojekt

Kriterien	Grenzwert	Zielwert
Glasflächenzahl z_g	projektspezifisch	
Typ der Beleuchtungssteuerung nach Tageslicht (3.3.2.4)	manuelle Schaltung	Konstantlichtregelung mit LED-Lampen
Reflexionsgrad (3.3.2.5)	normal	hell
Transmissionsgrad (3.3.2.6)	0,7	
Höhe Fenstersturz (3.3.2.7)	0,2 m	
Balkone (3.3.2.8)	keine	
Art des Sonnenschutzes (3.3.2.9 bzw. Tabelle 8)	mittelhelle Lamellen (ρ mind. 50 %) oder lichtdurchlässiger Stoffbehang (τ mind. 30 %), Kategorie 3	helle Lamellen oder Stoffbehang, Kategorie 1
Typ der Sonnenschutzsteuerung (3.3.2.9 bzw. Tabelle 9)	automatische Steuerung, Regelstrategie 3	automatische Steuerung, Regelstrategie 1
Horizontverschattung (3.3.2.10)	projektspezifisch	
Beleuchtungssteuerung nach Präsenz (Tabelle 6)	manuelle Schaltung	<u>dauernde Präsenz:</u> manuelle Schaltung <u>normale Präsenz:</u> auto-off, 5 Minuten <u>sporadische Präsenz:</u> auto- on -off, 5 Minuten
Korrekturfaktor Gleichzeitigkeit k_{sj} (Tabelle 7)	nutzungsabhängig	

Tabelle 13 Typische Grenz- und Zielwerte für die spezifische elektrische Leistung p_L , die Volllaststundenzahl t_L (gerundet auf 50 h) und den jährlichen spezifischen Elektrizitätsbedarf Beleuchtung E_L

Nr.	Raumnutzung	spezif. Leistung W/m ²		Volllaststunden h		spezif. Elektrizitätsbedarf kWh/m ²	
		für Grenz- wert	für Zielwert	für Grenz- wert	für Zielwert	Grenzwert	Zielwert
2.1	Hotelzimmer	7,7	5,0	700	550	5,4	2,8
2.2	Empfang, Lobby	6,6	4,3	4100	3150	27,1	13,5
3.1	Einzel-, Gruppenbüro	12,5	8,1	1400	350	17,5	2,8
3.2	Grossraumbüro	9,8	6,4	1950	1100	19,1	7,0
3.3	Sitzungszimmer	12,5	8,1	750	200	9,4	1,6
3.4	Schalterhalle, Empfang	7,1	4,6	1450	700	10,3	3,2
4.1	Schulzimmer	11,0	7,2	1300	450	14,3	3,2
4.2	Lehrerzimmer	7,5	4,9	1150	250	8,6	1,2
4.3	Bibliothek	5,9	3,8	1500	700	8,9	2,7
4.4	Hörsaal	9,8	6,4	1700	950	16,7	6,1
4.5	Schulfachraum	11,0	7,2	1300	450	14,3	3,2
5.1	Lebensmittelverkauf	14,9	9,7	4000	4000	59,8	38,8
5.2	Fachgeschäft	14,9	9,7	4000	4000	59,8	38,8
5.3	Verkauf Möbel, Bau, Garten	12,0	7,8	4000	4000	48,0	31,2
6.1	Restaurant	5,9	3,8	2650	1600	15,6	6,1
6.2	Selbstbedienungsrestaurant	3,5	2,3	1500	900	5,3	2,0
6.3	Küche zu Restaurant	18,8	12,2	2650	2100	49,8	25,6
6.4	Küche zu SB-Restaurant	14,7	9,5	2050	1850	30,1	17,6
7.1	Vorstellungsraum	7,0	4,5	3000	3000	21,0	13,5
7.2	Mehrzweckhalle	7,0	4,5	2950	2000	20,7	9,0
7.3	Ausstellungshalle	13,9	9,0	3400	2800	47,3	25,2
8.1	Bettzimmer	6,8	4,4	1550	800	10,5	3,5
8.2	Stationszimmer	12,5	8,1	5750	4550	71,9	36,9
8.3	Behandlungsraum	18,8	12,2	1900	1150	35,7	14,0
9.1	Produktion (grobe Arbeit)	7,0	4,5	4150	2350	29,1	10,6
9.2	Produktion (feine Arbeit)	11,6	7,5	1700	750	19,7	5,6
9.3	Laborraum	12,8	8,3	1350	400	17,3	3,3
10.1	Lagerhalle	7,3	4,7	1450	450	10,6	2,1
11.1	Turnhalle	11,3	7,3	2250	1250	25,4	9,1
11.2	Fitnessraum	6,4	4,1	3150	1800	20,2	7,4
11.3	Schwimmhalle	7,3	4,7	2800	1350	20,4	6,3
12.1	Verkehrsfläche	3,5	2,3	1400	250	4,9	0,6
12.2	Verkehrsfläche 24 h (Spitäler)	7,1	4,6	3000	900	21,3	4,1
12.3	Treppenhaus	3,5	2,3	1400	250	4,9	0,6
12.4	Nebenraum	3,0	1,9	1400	250	4,2	0,5
12.5	Küche, Teeküche	5,1	3,3	850	150	4,3	0,5
12.6	WC, Bad, Dusche	6,0	3,9	850	150	5,1	0,6
12.7	WC	9,9	6,4	800	100	7,9	0,6
12.8	Garderobe, Dusche	5,7	3,7	850	150	4,8	0,6
12.9	Parkhaus	1,4	0,9	1600	650	2,2	6,6
12.10	Wasch- und Trockenraum	8,5	5,5	1100	300	9,4	1,7
12.11	Kühlraum	2,8	1,8	50	50	0,1	0,1
12.12	Serverraum	3,3	2,2	50	50	0,2	0,1

Tabelle 14 Annahmen für Raumabmessungen, Nutzungsstunden und Glasflächenzahlen für die Standardnutzungen gemäss SIA 2024 (Stundenwerte gerundet auf 50 h)

Nr.	Standardnutzung	Raumabmessungen			Nutzungsstunden			Glas-Anteil %
		Länge l_R m	Breite d_R m	Höhe h_R m	pro Tag t_{ud}	pro Nacht t_{un}	pro Jahr t_u	
2.1	Hotelzimmer	4	5	2,5	3	3	1550	30
2.2	Empfang, Lobby	12	12	4	11	9	5100	50
3.1	Einzel-, Gruppenbüro	6	6	3	11		2300	50
3.2	Grossraumbüro	12	12	3	11		2300	50
3.3	Sitzungszimmer	6	6	3	6		1250	50
3.4	Schalterhalle, Empfang	12	12	4	11		2300	50
4.1	Schulzimmer	10	7	3	11		2000	50
4.2	Lehrerzimmer	6	6	3	11		2000	50
4.3	Bibliothek	12	12	3	11		2000	50
4.4	Hörsaal	12	12	3	11		2000	50
4.5	Schulfachraum	10	7	3	11		2000	50
5.1	Lebensmittelverkauf*	20	20	4	11	5 *	4000	0
5.2	Fachgeschäft*	20	20	4	11	5 *	4000	0
5.3	Verkauf Möbel, Bau, Garten*	20	20	4	11	5 *	4000	0
6.1	Restaurant	12	12	3	6	6	3000	50
6.2	Selbstbedienungsrestaurant	20	20	3	7		1750	50
6.3	Küche zu Restaurant	6	6	3	8	5	3250	50
6.4	Küche zu SB-Restaurant	12	12	3	9		2250	50
7.1	Vorstellungsraum	20	20	7	6	6	3000	0
7.2	Mehrzweckhalle	20	20	7	11	5	4000	50
7.3	Ausstellungshalle	20	20	7	11	5	4000	50
8.1	Bettzimmer	6	6	2,5	11	3	4100	50
8.2	Stationszimmer	6	6	3	11	13	7000	50
8.3	Behandlungsraum	6	6	3	11		2750	50
9.1	Produktion (grobe Arbeit)	20	20	7	11	13	5000	50
9.2	Produktion (feine Arbeit)	20	20	7	11	0	2300	50
9.3	Laborraum	10	7	4	11		2300	50
10.1	Lagerhalle*	20	20	7	11	0	2300	50
11.1	Turnhalle	30	20	7	10	5	3150	50
11.2	Fitnessraum	12	12	3	10	5	3750	50
11.3	Schwimmhalle	20	20	7	10	5	3750	50
12.1	Verkehrsfläche	10	2	2,5	11	2	3800	6
12.2	Verkehrsfläche 24 h (Spitäler)	10	2	2,5	11	13	7000	6
12.3	Treppenhaus	10	2	2,5	11	2	3800	6
12.4	Nebenraum	4	5	2,5	11	2	3800	30
12.5	Küche, Teeküche	4	5	2,5	11		2300	30
12.6	WC, Bad, Dusche	4	5	2,5	11		2300	30
12.7	WC	2	2	2,5	11		2300	30
12.8	Garderobe, Dusche	6	6	3	11	0	2750	30
12.9	Parkhaus	20	20	3	11		3200	0
12.10	Wasch- und Trockenraum	6	6	3	11	0	3200	30
12.11	Kühlraum	6	6	3	0,5		100	0
12.12	Serverraum	4	5	3	0,5		150	0

*) Abweichung zu SIA 2024

Tabelle 17 Vergleich Projektwerte und Anforderungen (spezifischer Elektrizitätsbedarf)

Nutzung	Nettogeschoss- fläche m ²	Projektwerte kWh/m ²	Grenzwerte kWh/m ²	Zielwerte kWh/m ²
Einzel-, Gruppenbüro	2000	22,3	17,5	2,8
Grossraumbüro	2000	24,4	19,1	7,0
Sitzungszimmer	200	11,9	9,4	1,6
Schalterhalle, Empfang	100	14,9	10,3	3,2
Nebenräume	100	8,4	4,2	0,5
Selbstbedienungsrestaurant	200	9,2	5,3	2,1
Küche zu SB-Restaurant	50	35,6	30,1	17,6
Verkehrsfläche	600	11,6	4,9	0,6
Parkhaus	1000	4,6	2,2	0,6
Gesamtergebnis	6250	18,1	13,5	3,6

Tabelle 19 Vergleich Projektwerte und Anforderungen (spezifischer Elektrizitätsbedarf)

Nutzung	Nettogeschoss- fläche m ²	Projektwerte kWh/m ²	Grenzwerte kWh/m ²	Zielwerte kWh/m ²
Schulzimmer	600	18,3	14,3	3,2
Schulfachraum	200	18,3	14,3	3,2
Turnhalle	200	37,8	25,4	9,1
Garderoben, Duschen	100	8,4	4,8	0,6
Verkehrsfläche	200	11,6	4,9	0,6
Gesamtergebnis	1300	19,5	13,8	3,5

Tabelle 21 Vergleich Projektwerte und Anforderungen (spezifischer Elektrizitätsbedarf)

Nutzung	Nettogeschoss- fläche m ²	Projektwerte kWh/m ²	Grenzwerte kWh/m ²	Zielwerte kWh/m ²
Hotelzimmer	1000	10,7	5,4	2,8
Restaurant	200	25,8	15,6	6,1
Küche zu Restaurant	50	58,5	45,8	25,6
Einzel-, Gruppenbüro	50	22,3	17,5	2,8
Empfang, Lobby	30	49,6	27,1	13,5
Verkehrsfläche	300	11,6	4,9	0,6
Parkhaus	200	4,6	2,2	0,6
Gesamtergebnis	1830	14,1	8,0	3,3

Tabelle 23 Vergleich Projektwerte und Anforderungen (spezifischer Elektrizitätsbedarf)

Nutzung	Nettogeschoss- fläche m ²	Projektwerte kWh/m ²	Grenzwerte kWh/m ²	Zielwerte kWh/m ²
Fachgeschäft	2000	93,0	59,6	38,8
Lebensmittelverkauf	500	93,0	59,6	38,8
Selbstbedienungsrestaurant	200	9,2	5,3	2,1
Küche zu SB-Restaurant	50	35,6	30,1	17,6
Einzel-, Gruppenbüro	100	22,3	17,5	2,8
Parkhaus	500	4,6	2,2	0,6
Gesamtergebnis	3350	71,8	46,1	29,5